



Universidade de Aveiro

Departamento de Biologia

2016

**Henriques Oreste
Bustani**

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE BIVALVES EM TANQUES
DE TERRA NUMA AQUACULTURA SEMI-INTENSIVA DE
ROBALO**

DECLARAÇÃO

Declaro que este relatório é integralmente da minha autoria, estando devidamente referenciadas as fontes e obras consultadas, bem como identificadas de modo claro as citações dessas obras. Não contém, por isso, qualquer tipo de plágio quer de textos publicados, qualquer que seja o meio dessa publicação, incluindo meios eletrônicos, quer de trabalhos acadêmicos.



Universidade de Aveiro
2016

Departamento de Biologia

Henriques Oreste Bustani **DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE BIVALVES EM TANQUES
DE TERRA NUMA AQUACULTURA SEMI-INTENSIVA DE
ROBALO**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Biologia Marinha, realizada sob a orientação científica do Doutor Ricardo Jorge Guerra Calado, Investigador Principal do Departamento de Biologia da Universidade de Aveiro e da Doutora Ana Isabel Lillebø, Investigadora Auxiliar do Departamento de Biologia da Universidade de Aveiro.

O Júri

Professor Doutor João António de Almeida Serôdio

Professor Auxiliar, Universidade de Aveiro (Presidente)

Doutor Filipe Miguel Duarte Martinho

Investigador Auxiliar, Universidade de Coimbra (Arguente principal)

Doutor Ricardo Jorge Guerra Calado

Equiparado a Investigador Principal, Universidade de Aveiro (Orientador)

Dedico este trabalho
à minha esposa, Cristina Bustani
pelo apoio incondicional.

Agradecimentos

Apesar deste ato ser do carácter obrigatório não deixa de ser com grande sinceridade que o faço, agradecendo primeiro à Deus, pela saúde, força e sabedoria.

Ao Professor Ricardo Calado, que aceitou ser meu orientador, e por todo o apoio e constante disponibilidade, a amizade e boa disposição, assim como, a forma próxima e empenhada com que orientou este trabalho.

À Professora Ana Lillebø, minha co-orientadora, por todo o apoio, orientação, conhecimento transmitido e paciência que sempre demonstrou em todos os momentos deste trabalho. O meu muito obrigado!

Ao projeto “ SUNSOLE” no âmbito do qual a tese foi desenhada.

Ao Camões - Instituto de Cooperação e de Linguas, I. P., pela disponibilização da bolsa de estudo para a minha formação e ao Instituto Nacional de Investigação Pesqueira - Moçambique, na pessoa de meus superiores hierárquicos, por todo apoio prestado.

Ao professor Fernando Morgado, pelo todo apoio prestado para a minha formação, aos professores Victor Quintino e Rui Rocha, pelo apoio e preocupação demonstrado ao longo deste trabalho; à Bruna Marques pelo apoio nas análises laboratórias e a toda a equipa que participou nas atividades de campo do projeto “SUNSOLE”.

Aos colegas de laboratório, Luisa Marques, Ana Carriço, Joana Soares e Valter Fernandes, pelos ensinamentos e ajuda incansável na identificação dos macroinvertebrados bentónicos. A vossa presença e boa disposição “alegrou” o trabalho de laboratório e tornou mais facilitada o desfecho desta tese.

À minha esposa, por ter acreditado em mim e a toda minha família em especial ao meu pai Oreste Bustani, pelas palavras de conforto. Sem eles nada disto teria sido possível! Obrigado!

Aos meus colegas de curso, meus compatriotas moçambicanos em Portugal e todos os meus amigos, irmãos na fé, pelos momentos partilhados, apoio e incentivo. Obrigado a todos!.

Resumo

Durante o ciclo de produção semi-intensivo de peixes marinhos em tanques de terra é gerada matéria orgânica, rica em nutrientes, que ao sedimentar propicia o crescimento de organismos macrobentônicos. Os moluscos bivalves constituem uma parcela importante da macrofauna bentônica que prolifera nestas condições. O presente trabalho tem como objetivo estudar a distribuição das comunidades de bivalves em tanques de cultivo de robalo numa aquacultura semi-intensiva localizada no município de Ayamonte, na província de Huelva, Espanha.

As amostragens foram feitas em dois tanques de terra (com 15 000 e 22 962 m² de área) povoados com robalo (densidade de 0.43 e 0.37 indivíduos/m², respetivamente) em que foram realizadas medições *in situ* na coluna da água dos tanques com ajuda de sondas de campo para determinação de parâmetros físico-químicos e à recolha de amostras de água na interface sedimento-coluna de água para a determinação da concentração de nutrientes recorrendo a uma draga. Foram ainda amostrados o sedimento para determinação do teor em matéria orgânica e caracterização granulométrica e a macrofauna existente no fundo para identificação da comunidade de bivalves. A caracterização das comunidades de bivalves foi efetuada através da identificação das espécies e da sua distribuição ao longo dos tanques amostrados, de acordo com grupos de afinidade. As matrizes de abundância das espécies dos bivalves presentes nos tanques amostrados foram analisadas com recurso a técnicas de análise multivariada usando o programa PRIMER v6. Análise multivariada por ANOSIM foi efetuada para verificar a similitude entre as diferentes áreas e tanques.

Foi registada a ocorrência de 5 taxa (4 identificados ao nível da espécie e um ao nível da família), num total de 21 061 indivíduos. As espécies mais abundantes foram *Scrobicularia plana* e *Cerastoderma edule*. Foram registadas diferenças significativas em relação à distribuição espacial dos bivalves nos dois tanques monitorizados. As diferenças significativas registadas ao longo das áreas definidas no interior dos tanques e que deverão resultar de uma diversidade intrínseca à própria matriz amostral e não propriamente às diferentes localizações espaciais das áreas no interior dos tanques de produção.

o tanque I foi a que registou menor abundância das espécies quando comparado com o tanque II. Estas diferenças poderão estar relacionadas de entre outros fatores com a predação por parte dos peixes em cultivo. Maior abundância relativa de *C. edule* foi verificada no tanque I, local onde foi verificada maior quantidade de teor de sedimentos mais finos enquanto que maior abundância relativa de *S. plana* foi verificada no tanque II local com maior teor de sedimentos mais fino.

Abstract

During the semi-intensive production cycle of marine fish in earth ponds organic matter is generated. This particulate and dissolved matter is rich in nutrients and may promote the growth of macrobenthic organisms. Bivalve molluscs are one of the major fractions of benthic macrofauna that proliferates under these conditions. The present work aims to study the distribution of bivalve communities in a semi-intensive aquaculture of seabass in the municipality of Ayamonte, in Huelva, Spain. Two earth ponds (with 15000 and 22 962 m² and a fish density of 0.37 and 0.43 individuals/m², respectively) were surveyed, with *in situ* measurements being performed in the water column for determination of physico-chemical parameter. Water samples in the sediment-water interface were also collected for the determination of nutrients. The sediment was sampled using a dredge for the determination of organic matter content and for granulometric characterization, as well as for macrofauna identification, with emphasis on of bivalves. The characterization of the bivalve's community was performed to species level, whenever possible, with their spatial distribution over the sampled earth ponds also being determined. Matrixes of bivalve species abundance were monitored using multivariate analysis, namely ANOSIM to verify the similarity between ponds and among the different areas on each pond. A total of 5 taxa (4 identified to species level) was recorded, for a total of 21 061 individuals. The most abundant species were *Cerastoderma edule* and *Scrobicularia plana*. Significant differences were recorded in relation to their spatial distribution throughout the two ponds surveyed. The significant differences recorded along the defined areas inside each earth pond likely result from intrinsic biological diversity of the samples and not from differences due to spatial variability. Earth pond I registered a lower abundance of species than earth pond II, with these differences likely being related to the predation by fishes being cultured and differences in pond sediment. A higher relative abundance of *Cerastoderma edule* was recorded in earth pond I, where a lower amount of fine sediment was recorded, while in earth pond II a higher relative abundance of *Scrobicularia plana* was recorded likely due to the higher content of fine sediment. The present result contribute to a better understanding of macrofauna communities present in earth ponds used for seabass semi-intensive aquaculture, allowing producers to employ more sustainable practices and consider the use of polyculture.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Aquacultura e seu surgimento no Mundo.....	1
1.2 Modos de Produção Aquícola.....	2
1.3 Produção aquícola no Mundo, com ênfase na Europa.....	4
1.4 Estado atual da aquacultura semi-intensiva na Península Ibérica.....	6
1.6 Relevância da comunidade de macroinvertebrados no cultivo semi-intensivo de Robalo em tanques de Terra.....	9
1.7 Objetivos.....	11
2. MATERIAIS E MÉTODOS	11
2.1 Caracterização do local de estudo.....	11
2.2 Método de amostragem, processamento das amostras, análises laboratoriais e tratamento de dados.....	13
2.2.1 Parâmetros físico-químicos	14
2.2.2 Amostragem e caracterização de matéria orgânica e do sedimento.....	15
2.2.3 Amostragem e determinação da concentração de nutrientes na interface sedimento-coluna de água	16
2.2.4 Amostragem, triagem, identificação e estimativa da biomassa de bivalves	17
2.2.5 Análise estatística	20
3. RESULTADOS	22
3.1 Parâmetros físico-químicos	22
3.2 Granulometria e teor em matéria orgânica do sedimento	22
3.5 Análise multivariada dos dados biológicos	29
4. DISCUSSÃO	32
4.1 Parâmetros físico-químico da água, granulometria, material orgânica e nutrientes	32
4.2 Caracterização dos bivalves.....	34
5. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	36
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37
ANEXOS.....	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Pintura ancestral egípcia retratando possível cultivo de peixes em um reservatório de água.....	2
Figura 2. Produção mundial do pescado e da aquacultura.....	4
Figura 3. Tendência de produção aquícola e pesqueira na Europa.....	5
Figura 4. Produção de aquacultura em Portugal em 2013, por regime e em água doce, salobra e marinha.....	7
Figura 5. Peixe robalo, <i>D. labrax</i>	8
Figura 6. Localização da área de estudo.....	12
Figura 7. Estação aquícola de Esteros de Canela.....	13
Figura 8. Esquema geral da divisão e localização de áreas nos tanques I e II.....	14
Figura 9. Desenho esquemático dos pontos de amostragem de matéria orgânica, temperatura, pH e do sedimento nos tanques I e II.	16
Figura 10. Representação esquemática dos pontos de amostragem de sedimentos bentônicos para a caracterização de bivalves.	17
Figura 11. Lavagem e armazenamento de material biológico.	18
Figura 12. Processo de lavagem, separação das amostras no laboratório.....	19
Figura 13. Triagem e identificação dos bivalves.....	19
Figura 14. Exemplares de <i>Scrobicularia plana</i> após sua identificação.	20
Figura 15. Variação das diferentes frações do sedimento nas áreas de amostragem nos tanque I e II.....	23
Figura 16. Percentagem de matéria orgânica no sedimento nas áreas de amostragem nos tanque I e II.....	23
Figura 17. Valores de concentrações dos nutrientes dissolvidos na interface sedimento-coluna de água nas áreas de amostragem nos tanque I e II.....	24
Figura 18. Diagrama de análise PCO na matriz dos dados dos parâmetros físico-químicos, matéria orgânica e nutrientes em relação aos tanques I e II.	25
Figura 19. Diagrama representativo da perfil de abundância relativa, biomassa média relativa e ilustração dos valores de abundância absoluta, biomassa e biomassa média das espécies <i>C. edule</i> e <i>S. plana</i> no tanque I.	28
Figura 20. Diagrama representativo da perfil de abundância relativa, biomassa média relativa e ilustração dos valores de abundância absoluta, biomassa e biomassa média das espécies <i>C. edule</i> e <i>S. plana</i> no tanque II	29

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 Produção de peixe nas águas salobra e marinha em Portugal por regime e segundo as espécies durante o ano 2013 (INE.I.P, 2015). t=toneladas.....	7
Tabela 2. Valores médios dos parâmetros físico-químicos observados nos tanques I e II.	22
Tabela 3. Composição específica e abundâncias por espécie de bivalves identificadas nos tanques I e II.	26
Tabela 4. Resultados da análise ANOSIM para os dados biológicos com níveis de significância. O nível de significância é calculado como a percentagem das estatísticas significantes no total de permutações efectuadas	30
Tabela 5. Resultados de testes ANOSIM na matriz da abundância absoluta para análise de diferenças entre áreas	30
Tabela 6. Resultados de testes ANOSIM na matriz da biomassa média para análise de diferenças entre áreas	31
Tabela 7. Resultados de testes ANOSIM na matriz da biomassa relativa para análise de diferenças entre áreas	31
Tabela 8. Resultados de testes ANOSIM na matriz da biomassa média relativa para análise de diferenças entre áreas	31

1. INTRODUÇÃO

1.1 Aquacultura e seu surgimento no Mundo

A aquacultura é toda a atividade de reprodução, crescimento, engorda, manutenção ou melhoramento de plantas ou animais aquáticos para fins de produção. Estas operações ocorrem sob intervenção do Homem e podem ser efetuadas em instalações alimentadas por águas marinhas (aquacultura marinha), águas interiores (aquacultura de água doce) ou por águas de transição em zonas estuarinas ou de lagoas costeiras, caracterizadas pela influência de águas marinhas e fluviais (aquacultura de águas salobras) (Barnabé, 2005; FAO, 1997, 2006).

Apesar de só recentemente a aquacultura estar a ser vista como potencial solução para o incremento do pescado, devido ao declínio dos principais recursos pesqueiros nos oceanos, esta prática não é nova. Na verdade, o advento da aquacultura remonta a milênios, sendo as suas origens exatas desconhecidas (FAO, 1998; White et al., 2004). Descobertas arqueológicas, mostram esculturas no templo Egípcio datado de 2 500 anos A.C., retratando o que poderia ser uma atividade na fase inicial de cultivo de peixes em um reservatório de água (figura 1). Por outro lado, existem registos de que na China Antiga nos anos 3 800 AC., aproveitavam-se os recursos hídricos das plantações de arroz para o cultivo de carpas, enquanto que os Romanos e Gregos nos anos 384 AC., cultivavam ostras e possuíam viveiros de peixes nos aquedutos e seus reservatórios (FAO, 1998; Bunting, 2004). O primeiro tratado sobre aquacultura, foi escrito no ano 475 AC., pelo político Chinês Fan Lee. Intitulado “Tratado de Fan Lee” o documento abordava a criação da Carpa comum (*Ciprinus carpio*) em tanques de terra. Assim, Fan Lee recomendava o cultivo de Carpa comum por ser a espécie ideal, devido ao crescimento fácil, elevado valor comercial e a não prática de canibalismo (FAO, 1998; Liao, 2000). Durante a idade média da Europa (séculos V – XV), a criação de peixes começou a ganhar alguma importância e, em alguns locais, passou a substituir a atividade agrícola convencional e com o passar dos anos a aquacultura diversificou-se, adaptou-se à várias regiões, moldou-se às necessidades atuais e passou a usufruir da tecnologia (Gomes, 2009, citando Breton 2007).



Figura 1. Pintura ancestral egípcia retratando possível cultivo de peixes em um reservatório de água. (Fonte: Hunt, 2012)

1.2 Modos de Produção Aquícola

No geral, a aquacultura pode ser classificada quanto ao sistema onde ocorre a produção como sendo aberto ou fechado e quanto ao regime de produção como sendo extensivo, semi-intensivo ou intensivo (Mestre, 2008). Podem igualmente ser usados critérios de finalidade para distinguir aquacultura de subsistência da comercial e industrial (Lazard et al., 1991).

A aquacultura extensiva, é normalmente caracterizada por baixo uso de mão-de-obra e de fatores de produção. Assenta essencialmente na produção de alimentação natural e a produtividade deste regime é relativamente baixa. Dispensa o uso de fertilizantes, contudo, em alguns casos pode por vezes aumentar-se a fertilidade dos tanques e, consequentemente, a produção de peixe (Carballo et al., 2008). O produtor não possui controlo sobre as condições ambientais, assim, a intervenção do Homem é limitada e no geral o produto é destinado a subsistência familiar (Morais, 2002).

A aquacultura semi-intensiva, requer um nível moderado de insumos através do uso de fertilizantes e/ou alimentação suplementar. A densidade de cultivo é controlada sendo superior a do regime extensivo. Tal implica mais trabalho e custos elevados de insumos, sendo estes, compensados, em grande medida por uma produção mais elevada (Carballo et al., 2008). Este regime de produção, por gerar maior carga orgânica, poderá requerer a monitorização de alguns parâmetros físico-químicos da água devido a potenciais carências de oxigénio

resultante do processo de degradação dos resíduos metabólicos gerados durante o cultivo (Morais, 2002 citando Midlen e Redding, 1998).

A aquacultura intensiva envolve um nível mais elevado de insumos e densidade de organismos nos tanques. Os organismos em produção são alimentados com ração suplementar, sendo que a produção de alimentos naturais é inexistente. Neste sistema podem surgir problemas que requerem maior conhecimento e experiência no manejo, decorrentes das elevadas densidades de povoamento que aumentam a suscetibilidade à doenças e o risco de carência de oxigênio dissolvido (Morais, 2002; Carballo et al., 2008).

Com a contínua demanda dos produtos aquícolas, os regimes de cultivo estão a ser continuamente aperfeiçoado, estando as técnicas de cultivo em aquacultura em constantes mudança e focadas em novos métodos e tecnologias (exemplo, seleção genética, alimentação formulada e gestão da qualidade da água) a fim de obter as mais elevadas taxas de produção por unidade de área (Diana et al., 2013). Perante este cenário surge o regime super-intensivo, em que o cultivo é realizado em ambiente onde os parâmetros físico-químicos são muito bem controlados, a densidade não é considerada por m^2 , mas sim por $biomassa/m^3$ sendo muitas vezes superiores a $100\text{ kg}/m^3$, complementado por instalações complexas e trabalhando com espécies bem adaptadas para o desenvolvimento em cativeiro. O nível de gestão é exigente, existindo um controlo permanente da qualidade da água e fornecimento de oxigênio líquido ou alta aeração; este regime é totalmente dependente do uso da ração que deve ser nutricionalmente completa e balanceada, de acordo com a exigência alimentar da espécie cultivada (Rivarola, 2011).

Como medida para mitigar os impactos ambientais associados aos efluentes de unidades com métodos de produção não extensivos, surgem unidades aquícolas com sistemas de recirculação da água, sendo estes projetados para criar grandes quantidades de organismos em volumes relativamente pequenos de água. Adicionalmente, apresentam dispositivos de tratamento da água para retirar o excesso de carga orgânica em suspensão e na forma dissolvida (que no caso da amónia pode atingir concentrações não toleradas pelos organismos, atingindo níveis tóxicos) e, em seguida, permitir a reutilização da água. No processo de reutilização a água pode ser canalizada para culturas secundárias que têm valor económico ou de alguma forma benefício ao sistema da produção primária. Estas operações são geralmente referidas como sistemas de cultivo integrado (Rakocy e Masser, 1992). Num mesmo ambiente, podem cultivar-se em simultâneo, espécies de diferentes níveis tróficos com funções complementares no ecossistema, sendo este processo denominado por, aquícultura multi-trófica integrada. Esta técnica permite que os alimentos não consumidos por uma das espécies,

excrementos, nutrientes e outros subprodutos sejam reutilizados e convertidos em fertilizantes, alimentação e energia para outras espécies, de modo a tirar partido das interações sinérgicas entre elas (Barrington et al., 2009; Chopin et al., 2012).

1.3 Produção aquícola no Mundo, com ênfase na Europa

Efetivamente, enquanto se verifica, a nível mundial, um aumento sustentado na produção de produtos da pesca e da aquacultura, assiste-se com maior intensidade a partir dos anos 90, a uma substituição dos produtos da pesca (captura) por produtos da aquacultura (figura 2). As capturas da pesca estagnaram e, no 1.º decénio deste século, regrediram ligeiramente, aumentando de forma muito significativa a produção aquícola (DGRM, 2013), tendo contribuído em 2012, com cerca de 40% da produção mundial de peixe (FAO, 2014b).

Em 2012, a produção aquícola mundial foi de 90,4 milhões de toneladas, sendo 66,6 milhões de toneladas de peixes e 23,8 milhões de toneladas de algas marinhas. A Ásia tem produzido desde 2008 mais peixes proveniente da aquacultura do que da pesca, tendo em 2012 contribuído com 54% da produção mundial, enquanto que o contributo da produção aquícola para a produção do pescado Europeu foi de 18% e de outros continentes de 15%. (FAO, 2014b).

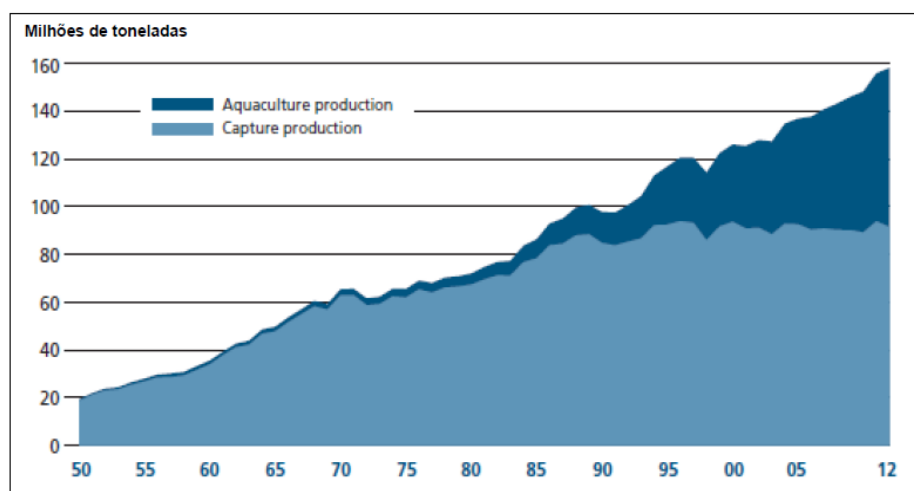


Figura 2. Produção mundial do pescado e da aquacultura. (Fonte: FAO, 2014b).

O setor da aquacultura europeia concentra-se principalmente nas regiões costeiras e interiores e tem emergido como um contribuinte cada vez mais importante para o setor de produção de alimentos com notáveis benefícios socioeconómicos. Este crescimento tem sido estimulado

pela demanda do consumo, bem como, pelo desenvolvimento tecnológico, tornando técnica e economicamente viável muitas das diversas formas de produção (Varadi et al., 2001).

Enquanto a aquacultura de água doce é praticada na Europa há já muitos séculos, o ciclo completo da aquacultura em águas salobras e marinhas é um fenômeno mais recente. A aquacultura de espécies marinhas (ou maricultura) em grande escala começou na década de 1970 com o cultivo de salmão do Atlântico, cuja a seleção dos ovos maiores e juvenil nutridos permitia a seleção de alevins para o cultivo. No mesmo período foram realizadas pesquisas sobre a reprodução e alimentação de outras espécies marinhas, partindo de ovos de pequenos pelágicos, tendo levado à produção generalizada de espécies como o robalo e dourada no mediterrâneo e crescentes volumes de espécies das zonas temperadas como bacalhau e pregado, onde o desenvolvimento tecnológico e económico viabilizou o cultivo destas espécies (Huntington et al., 2006).

Com estes acontecimentos foi impulsionado o crescimento rápido da aquacultura na Europa durante as décadas de 1980 e 1990, tendo de seguida estagnado (figura 3). Esta estagnação poderá ter sido promovida por medidas que visavam a regulamentação da atividade, em que foram restringidas algumas áreas de produção e aumentado a competitividade proveniente de mercados extra-europeus (Bostock et al., 2010).

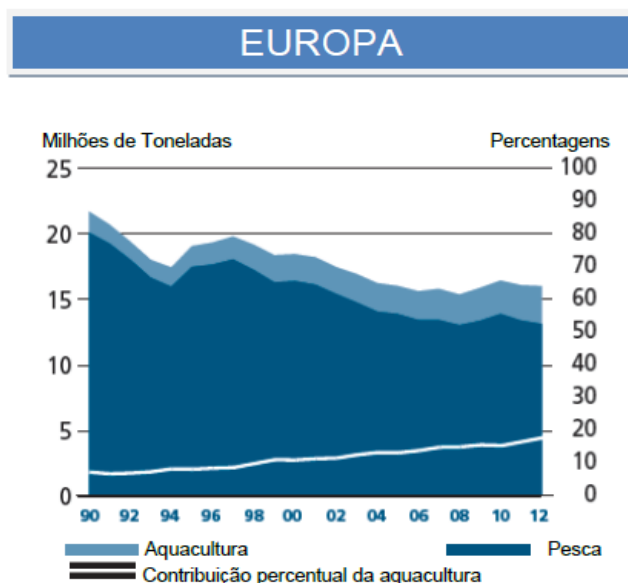


Figura 3. Tendência de produção aquícola e pesqueira na Europa. (Fonte: FAO, 2014b)

Em 2012 a produção total da aquacultura europeia foi de 2.88 milhões de toneladas, representando cerca de 3% da produção mundial. Em relação ao ano 2000, este valor

representa um crescimento de cerca de 29% em termos de valor absoluto de produção, em contra partida, para o mesmo período, representou uma redução de cerca de 2% na contribuição para a aquacultura mundial sendo os países da União Europeia (UE), os que contribuíram grandemente para este fenómeno. A maior contribuição da produção aquícola europeia em 2012, centrou-se principalmente em 5 países: Noruega com 46% do volume de produção, seguido pela Espanha (9%), França (7%), Reino Unido (7%) e Itália (6%) (FAO, 2014b).

1.4 Estado atual da aquacultura semi-intensiva na Península Ibérica

Em menos de 30 anos, a piscicultura intensiva tornou-se o principal fornecedor de produtos marinhos aquícolas. No entanto, os regimes extensivo e semi-intensivo representam ainda uma quantidade significativa da produção (cerca de 100 000 toneladas/ano) e utiliza áreas consideráveis (pelo menos 92 000 hectares) ao longo de zonas costeiras no sul da Europa; este regime de produção é essencialmente praticado em áreas confinadas junto de lagoas costeiras, deltas, baías semifechadas e estuários, sendo realizada essencialmente em tanques de terra (Dinis et al., 2010).

Os sistemas tradicionais da aquacultura semi-intensiva na costa sul da Europa (Portugal, França, Itália, Espanha e Grécia) estão atualmente a enfrentar dificuldades, especialmente devido ao aumento da concorrência pela exploração de áreas costeiras por outros potenciais usuários e a concorrência no mercado provocado pelo baixo preço de produtos oriundos da aquacultura intensiva. No entanto, estão a ser implementadas estratégias com vista a otimização e desenvolvimento de novos protocolos de cultivo, junto da UE, para aumentar a produtividade nos tanques de terra ou o uso de processos de certificação que permitam adicionar valor aos produtos do regime semi-intensivo; estes procedimentos visam tornar esta atividade economicamente, mais eficaz e atraente para as novas gerações de aquacultores (SEACASE, 2010).

Na região da península Ibérica, Portugal e Espanha, são os países que tradicionalmente vêm praticando a aquacultura, devido principalmente à sua condição geomorfológica. Em 2013, Portugal produziu 9 955 toneladas de produtos oriundos da aquacultura, o cultivo em água doce manteve-se exclusivamente intensiva, enquanto que em água marinha e salobra o regime semi-intensiva contribuiu com 11% da produção total, o regime intensivo (54%) e o extensivo (35%) (figura 4) (INE.I.P, 2015).

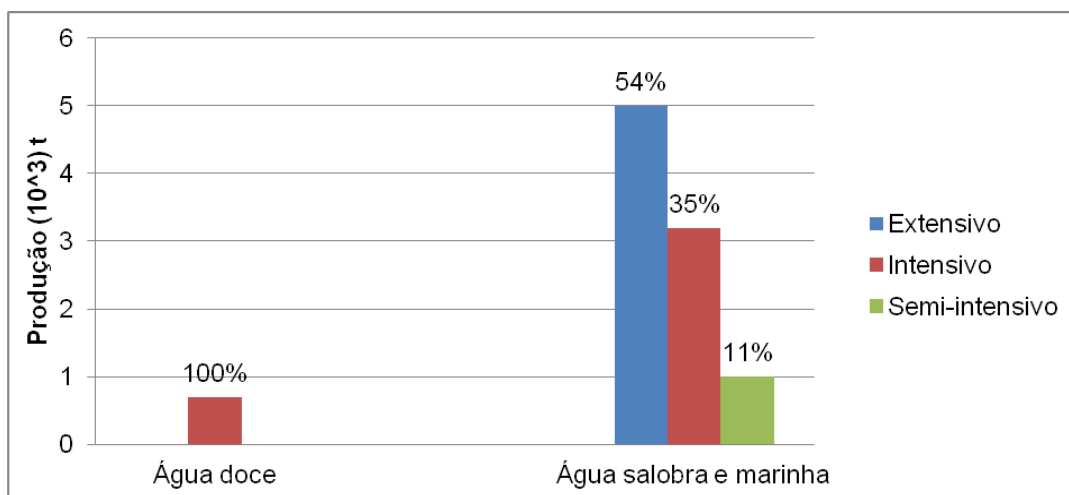


Figura 4. Produção de aquacultura em Portugal em 2013, por regime e em água doce, salobra e marinha. (INE.I.P, 2015).

Em 2013, estavam registadas em Portugal 77 unidades de cultivo semi-intensiva de peixe e moluscos explorando águas salobras e marinhas e 47 unidades de exploração em água doce composta apenas por regime intensivo (INE.I.P, 2015). No mesmo período, a produção de peixe em águas salobra e marinha situou-se nas 4 170 toneladas, sendo que o regime semi-intensivo contribuiu com cerca de 957 toneladas, representando um valor de aproximadamente 6 milhões de euros (INE.I.P, 2015). Dourada, pregado e robalo são as três espécies que mais contribuíram na produção de peixe (TABELA 1).

Tabela 1 Produção de peixe nas águas salobra e marinha em Portugal por regime e segundo as espécies durante o ano 2013 (INE.I.P, 2015). t=toneladas.

Principais espécies	Águas salobras e marinhas							
	Total		Extensivo		Intensivo		Semi-intensivo	
	t	10 ³ Euros	t	10 ³ Euros	t	10 ³ Euros	t	10 ³ Euros
Corvina	5	25	0	0	5	24	<1	1
Dourada	1 201	6 036	25	139	632	2 630	543	3 267
Linguado	154	2 035	1	7	150	1 975	4	53
Pregado	2 353	12 078	0	0	2 353	12 078	0	0
Robalo	455	2 902	4	25	42	200	409	2 677
Outros	2	12	1	5	0	0	1	7
Total	4 170	23 088	31	176	3 182	16 907	957	6 005

Por seu turno, em 2013 estavam em funcionamento em Espanha um total de 5 025 unidades de aquacultura, dos quais 163 eram em água doce e 4 862 de águas salobra e marinha. Estes dados comparando com o ano de 2003, mostram uma ligeira redução, visto que o número de

estabelecimentos em atividade era à data, cerca de 5 306 unidades. Ainda em 2013, a Espanha produziu 223 709 toneladas de produtos aquícolas, tendo rendido cerca de 408.3 milhões de euros. Os principais recursos produzidos foram o mexilhão e peixes, nomeadamente dourado, a truta e o robalo (APROMAR, 2015).

1.5 Cultivo de Robalo (*Dicentrarchus labrax*) em Espanha

O robalo, *D. labrax* (figura 5), é uma espécie de peixe da família Moronidae, tolera a grandes variações de temperatura (5-28 °C) e salinidade (3-70). Podendo sobreviver em regiões hipersalinas e atinge 100% de mortalidade quando a salinidade atinge 90 (Varsamos, 2002). É abundante no mar Mediterrâneo, na costa este do Atlântico entre a Europa e o norte de África, nos mares da Irlanda do Norte e do Báltico. Esta espécie possui apenas uma época de reprodução por ano, que ocorre no inverno na população mediterrânica (dezembro a março), podendo estender-se até junho nas populações do atlântico. Habita preferencialmente nas zonas costeiras pouco profundas, de águas batidas e bem oxigenadas, apesar de poder ser encontrado, durante a fase de juvenil, em águas salobras mais protegidas. Desovam em estuários ou em áreas do litoral, onde a salinidade é elevada (≥ 30), sendo predadores a sua alimentação inclui moluscos, crustáceos e pequenos peixes (Peres, 2000; FAO, 2007). O seu cultivo em Espanha é geralmente realizado em tanques de terra no regime semi-intensivo e as unidades de produção usam diferentes níveis de densidades de peixes (Ferreira et al., 2006).



Figura 5. Peixe robalo, *D. labrax*. (Fonte: AlphaSouth SARL)

A produção aquícola de robalo em 2014 em Espanha foi de 17 376 toneladas, enquanto que a produção de dourado e linguado foi de 16.230 toneladas e 786 toneladas respetivamente

(APROMAR, 2015). Em 2014, a região da Múrcia foi a que mais produção de robalo teve em toda a Espanha (32% do total), seguida por Ilhas Canárias (29%), Valência (23%) e Andalucia (16%) (APROMAR, 2015).

Apesar do robalo ser tradicionalmente cultivado como espécie-alvo, tem havido registos da ocorrência de outras espécies de peixes selvagens no mesmo tanque de produção, nomeadamente o linguado. Tentativas de policultivo de robalo com linguado como forma de acrescentar valor ao regime de produção têm dado resultados com taxas de crescimento promissoras. A policultura de espécies de diferentes níveis tróficos também tem sido considerada como uma estratégia eficiente e ambientalmente capaz de minimizar os impactos dos sistemas de aquacultura, visto que, uma importante fração da carga orgânica (dissolvida e particulada) é reutilizada dentro dos tanques de produção (Ferreira et al., 2006).

1.6 Relevância da comunidade de macroinvertebrados no cultivo semi-intensivo de Robalo em tanques de Terra

Durante um ciclo de produção semi-intensiva, são geradas grandes quantidades de compostos orgânicos e inorgânicos, nomeadamente excedentes da ração e produtos de excreção, que tendem a acumular-se no fundo dos tanques (Machado e Fonseca, 1997). Esta acumulação de matéria orgânica quando excessiva propicia, entre outros processos, a estimulação da atividade microbiana e o consumo de oxigénio, podendo atingir condições de carência de oxigénio e mesmo de anóxia, à semelhança do que acontece em sistemas naturais, nomeadamente estuários e lagunas costeiras, sujeitas a eutrofização (Wu, 1995; Karakassis et al., 1998; Machado, 2011).

A acumulação excessiva da matéria orgânica nos tanques, por extimular os processos de decomposição aeróbia, afeta negativamente as comunidades de macroinvertebrados bentónicos provocando entre outros efeitos: a) diminuição da riqueza específica; b) aumento da densidade de espécies oportunistas, melhor adaptadas às novas condições; c) diminuição da biomassa, apesar de existirem casos em que se verifica um aumento provocado pela elevada densidade; e d) diminuição do tamanho médio dos indivíduos (Branco, 2003 citando Weston, 1990).

Para rentabilizar as explorações de aquacultura, a manutenção da qualidade da água apresenta-se como fundamental e implica a realização de estudos de nutrição, crescimento e sanidade das espécies a cultivar, de densidades óptimas de povoamento e da quantidade de ração a fornecer ao longo do ciclo de produção. Requer igualmente um apertado controlo regular dos seus parâmetros físico-químicos (em especial o oxigénio dissolvido) e fatores que

os possam influenciar, bem como, o estudo da relação das espécies que se estabelecem nos tanques e da sua interrelação trófica com as espécies cultivadas (Machado e Fonseca, 1997).

O estudo das comunidades de macroinvertebrados apresenta-se como uma ferramenta ideal para a caracterização biológica e avaliação de impactos antrópicos sobre os ecossistemas aquáticos (Ysebaert e Herman, 2002; Dolbeth et al., 2003), sendo as mesmas utilizadas como indicadores biológicos da qualidade ecológica de massas de água interiores, de transição e marinhas (por exemplo a Directiva Quadro da Água da União Europeia). A preferência pela utilização desses organismos deve-se essencialmente ao seu tamanho e facilidade de amostragem, não sendo necessário na maioria dos casos o uso de equipamentos ou técnicas de amostragem muito dispendiosas. Embora requira conhecimento especializado em taxonomia, estas comunidades são sensíveis a várias perturbações ambientais e o seu ciclo de vida possibilita a deteção de alterações ocorridas no seu habitat (Alba-Tercedor, 1996).

A comunidade de macrofauna bentónica nos tanques de cultivo, desempenha um papel importante no ciclo dos nutrientes, podendo contribuir para a reoxigenação dos sedimentos através da bioturbação, filtrar a coluna de água junto ao sedimento, ou por estar na base da cadeia alimentar de diferentes espécies piscícolas de interesse comercial (Carvalho et al., 2004, 2010). O entendimento do funcionamento do tanque de terra enquanto ecossistema pode também ser auxiliado pelo conhecimento dos hábitos alimentares das espécies de peixe presentes (Machado 2011).

Os moluscos bivalves representam uma importante fração dos organismos que constituem as comunidades de macrofauna bentónica em tanques de terra destinados à aquacultura semi-intensiva (Machado e Fonseca, 1997; Branco, 2003; Carvalho et al., 2004, 2010). Estes organismos são filtradores e alimentam-se essencialmente de fitoplâncton. Nos juvenis e adultos, as brânquias são bem desenvolvidos e possuem a dupla finalidade de alimentação e respiração. Geralmente apresentam dois sífoes, servindo um para aspirar a água carregada de pequenos organismos e algas e o outro para a expelir (Helm e Bourne, 2004). Muitas espécies de bivalves marinhos são caracterizadas pela sua ampla distribuição, sendo este normalmente um indicativo de uma elevada tolerância fisiológica em virtude de uma frequente exposição a diferentes regimes ambientais. Ao mesmo tempo, a uma menor escala, algumas espécies formam agregados, o qual normalmente associada a fatores adversos e que sugerem a existência de requisitos ambientais específicos e de alta sensibilidade (Meire et al., 1994; Bocher et al., 2007). O padrão das agregações, pode ser explicada pela heterogeneidade do ambiente, pressão de predação, competição, comportamento reprodutivo (Meire et al. 1989), mobilidade e alimentação, sendo a estrutura espacial uma característica importante da ecologia

das espécies, que reflete a interação e provável influência destes fatores com os organismos no meio aquáticos (Morrissey et al., 1992; Ysebaert e Herman, 2002).

Uma vez que os tanques de terra são o principal sistema de produção para robalo em Portugal e no Sul de Espanha, exige um aumento de conhecimento existente sobre as comunidades de macrofauna bentónica que neles ocorre, em que diferentes empresas aquícolas usam tamanhos de tanques e níveis de densidades de estocagem variáveis (de 1 a vários hectares e níveis de produção de 0,5 a 6 Kg/m³, normalmente abaixo de 2 kg/m³) o que pode influenciar de modo determinante a abundância e riqueza da macrofauna bentónica presente. Os bivalves presentes nos sedimentos são essencialmente sésseis e muitas vezes podem ser facilmente localizado pelas suas predadores por apresentar algumas pistas, tais como as aberturas dos sifões (Ocean Studies Board, 2010). Os bivalves fazem parte da dieta natural do robalo e linguado, sendo comum verificar a sua ocorrência em conteúdos estomacais destas espécies, no entanto, em menor proporção do que outros grupos taxonómicos, nomeadamente poliquetas e anfípodes (Cabral, 2000; El-mor e Ahamed, 2008; Rogdakis et al., 2010; Spitz et al., 2013), sendo no entanto, pouco conhecida a contribuição nutricional destes macroinvertebrados na dieta dos peixes em cultivo.

1.7 Objetivos

O presente trabalho teve como objetivos:

- Identificar as comunidades de bivalves e analisar a sua distribuição espacial em tanques de terra utilizados para o cultivo semi-intensivo de robalo;
- Determinar e analisar os diferentes parâmetros físico-químicos no sedimento e na coluna de água em tanques de terra utilizados para o cultivo semi-intensivo de robalo;
- Analisar a similaridade das comunidades e da distribuição espacial de bivalves presentes nos tanques de terra utilizados para o cultivo semi intensivo de robalo.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Caracterização do local de estudo

O presente estudo foi desenvolvido na empresa Esteros de Canela, SA., situada no estuário do rio Guadiana, no município de Ayamonte, na província de Huelva, Espanha (figura 6). Criada em 26 de Junho de 1992, a empresa Esteros de Canela, SA., tem-se dedicado à engorda, reprodução, comercialização, importação e exportação de diferentes espécies aquícolas (ex., dourada, robalo, linguado, amêijoas e camarão), apostando num regime semi-intensivo de

produção de dourada, robalo e linguado, em tanques de terra. A empresa caracteriza-se por ter apostado na inovação, tendo consolidado a sua produção, desde as 20 toneladas nos primeiros anos da sua existência para cerca de 400 toneladas em 2014 (Fonte: Esteros de Canela).

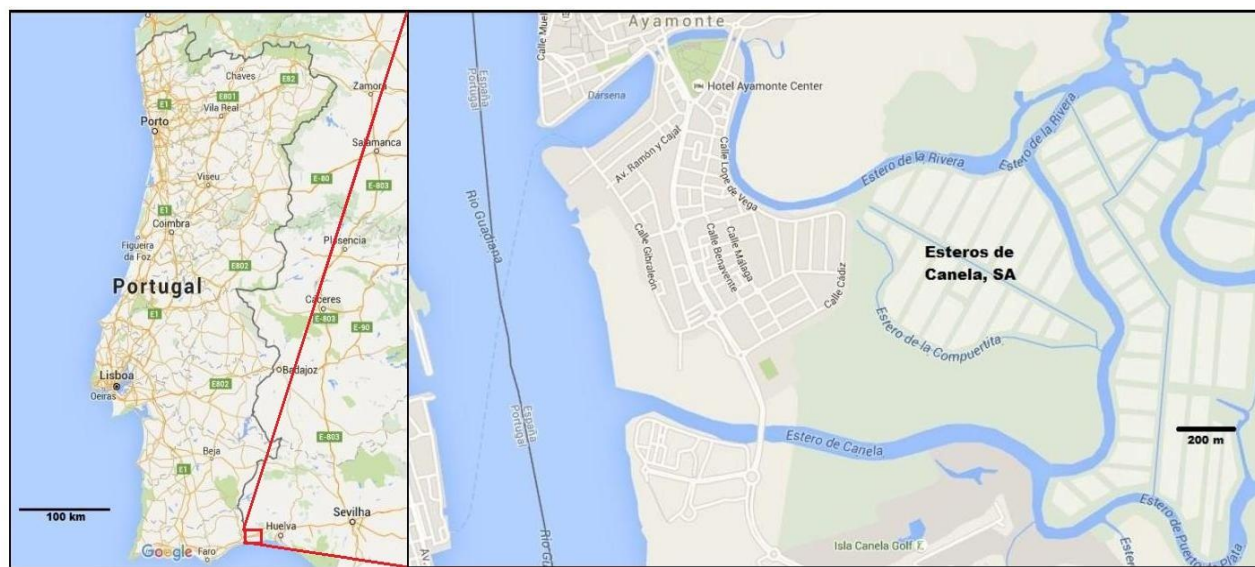


Figura 6. Localização da área de estudo (Adaptado do Google Map).

O empreendimento é composto por 16 tanques de cultivo de peixes, sendo que neste estudo as amostragens foram realizadas em dois tanques (tanque I e II, designação adotada no âmbito deste estudo) (figura 7), e ocorreu no dia 17 de Abril 2015, para amostragem de moluscos bivalves e alguns parâmetros físico-químicos da coluna de água nomeadamente salinidade e oxigênio dissolvido e no dia 18 de Abril 2015 para amostragem de sedimento e nutrientes na água à superfície do sedimento na interface sedimento-coluna de água. O tanque I possui uma área de 15 000 m², o povoamento foi feito no dia 13 Abril de 2015 com cerca de 6 418 espécimens de robalo (com um peso médio de 200 gramas por indivíduo) e correspondendo a uma densidade de 0.43 peixes/m². O tanque II possui uma área de 22 962 m², o povoamento foi feito no dia 10 de Abril de 2015, com cerca de 8 407 espécimens de robalo (com um peso médio de 200 gramas por indivíduo) e correspondendo a uma densidade de 0.37 peixes/m².

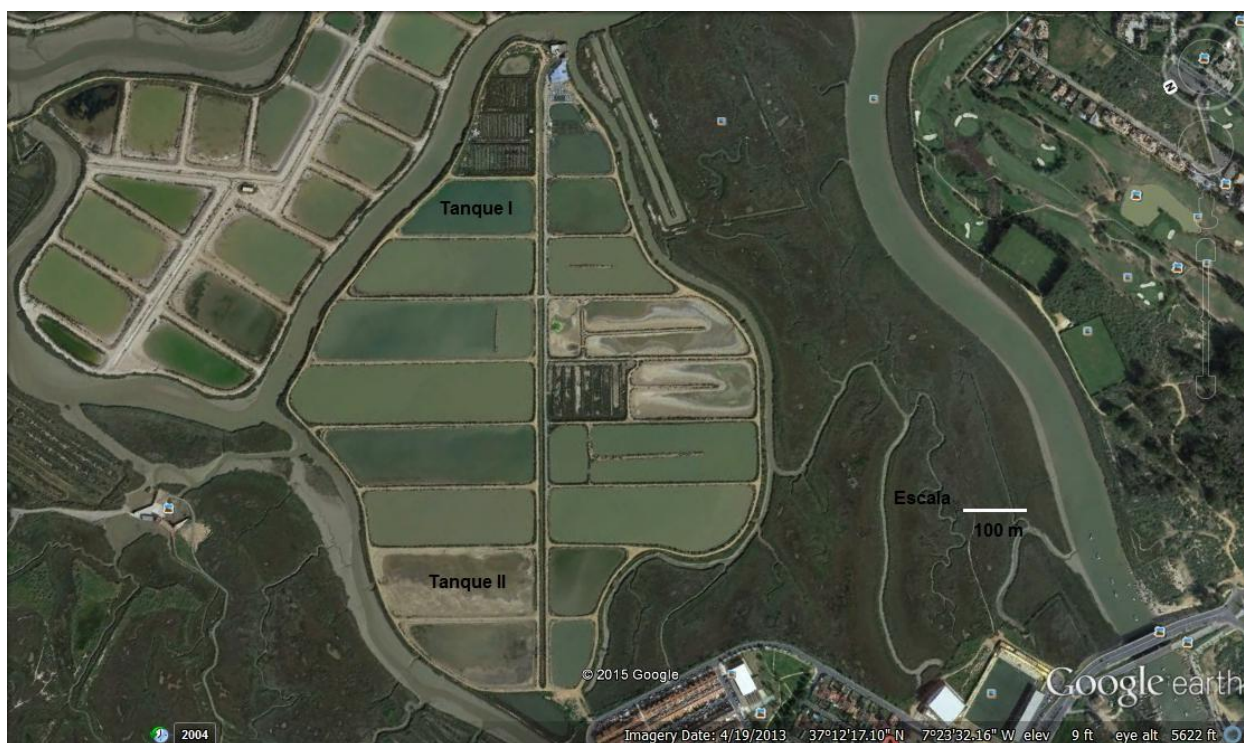


Figura 7. Estação aquícola de Esteros de Canela (Adaptado do Google Earth)

2.2 Método de amostragem, processamento das amostras, análises laboratoriais e tratamento de dados

Os trabalhos de amostragem nos dois tanques selecionados consistiram em: medições *in situ* de parâmetros físico-químicos da coluna de água; recolha de amostras de sedimento para determinação do teor de matéria orgânica e caracterização granulométrica; recolha de amostras de água à superfície do sedimento na interface sedimento-coluna de água para determinação da concentração de nutrientes e recolha de amostras de macrofauna bentónica para análise da composição específica e distribuição espacial dos moluscos bivalves nos tanques.

Com vista a avaliar com detalhe os objetos em análise e identificar a sua interação com alguns processos que possam interferir com o sistema de cultivo, tais como a ação da entrada e saída da água nos tanques, o posicionamento dos alimentadores automáticos, arrejadores e oxigenadores, bem como a própria dimensão dos tanques, o desenho amostral foi delineado de modo que as amostras fossem recolhidas em 4 áreas distintas: E, AA1, AA2 e S (figura 8).

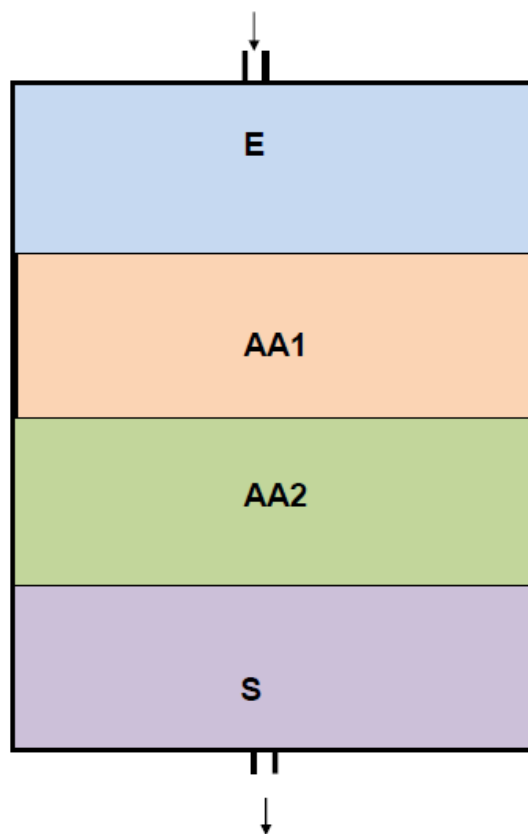


Figura 8. Esquema geral da divisão e localização de áreas nos tanques I e II.

E: (área de entrada), representa o local por onde é realizada a tomada de água do canal de abastecimento para os diferentes tanques; AA1 (área intermédia 1) e AA2 (área intermédia 2) são áreas caracterizadas pela localização de grande parte dos alimentadores automáticos, arejadores e oxigenadores; e S (área de saída), é o local onde se localiza a comporta de descarga dos efluentes. Entretanto, como forma a distinguir as áreas associadas aos tanques I e II, serão usados os prefixos TI e TII, nas denominações atribuídas para cada área do tanque I e II respetivamente.

2.2.1 Parâmetros físico-químicos

Os parâmetros físico-químicos da água foram determinados *in situ*, sendo a salinidade e concentração de oxigénio dissolvido medidas na coluna da água numa área pouco profunda em três locais diferentes de cada tanque, por volta das 10 horas para o tanque I e 15 horas no tanque II, enquanto que os valores da temperatura e do pH, medidos na água na interface sedimento-coluna de água do fundo dos tanques nos locais indicados na figura 9, por volta das 10 horas para o tanque II e 14 horas para o tanque I, obedeceram às diretrizes da “The United

States Environmental Protection Agency- USEPA” (USEPA, 2002). A determinação destes parâmetros foi realizada através da utilização de um aparelho multi sensor WTW equipado com condutivímetro (Cond 3110), para determinar a salinidade e temperatura, sonda de pH (WTW pH 3110) e sonda (WTW Oxi 3210) para determinação da concentração de oxigênio dissolvido. Para a salinidade e oxigênio dissolvido foram feitas três medições concordantes e depois determinada a média enquanto que para temperatura e pH foram feitas medições em 4 locais correspondente a cada uma das áreas (figura 9) e com 3 réplicas cada.

2.2.2 Amostragem e caracterização de matéria orgânica e do sedimento

Para caracterização da granulometria do sedimento e determinação do teor em matéria orgânica nos primeiros 5 cm na plataforma do fundo do tanque, foram recolhidas amostras de sedimento usando uma draga Van Veen de 0.05 m² de área de amostragem, em 4 locais distintos (figura 9) e com 3 réplicas cada. Para manter a integridade da estrutura do sedimento as amostras foram recolhidas com a draga ainda fechada através da abertura superior da draga, usando um core com 4 cm de diâmetro feito a partir de uma seringa de 100 mL. Cada core foi colocado individualmente em sacos de polietileno conservadas a uma temperatura de 5°C e armazenadas numa caixa isolada termicamente e transportadas até ao laboratório de acordo com as técnicas descritas por Downing (1984) e USEPA (2001). O teor em matéria orgânica foi determinado pelo método de perda de massa por ignição, segundo a técnica descrita por Schumacher (2002). O sedimento após seco em estufa de 50 °C, foi incinerado na mufla a 450 °C por um período de 5 h. O teor em matéria orgânica foi obtido através do cálculo das diferenças dos pesos de cada réplica antes e depois de incineração, calculadas suas percentagens e a média para cada área. Para caracterização granulométrica, amostras de sedimento após secas em estufa de 50 °C, foram colocadas num agitador de peneiras Retsch, acoplados com uma coluna de seis crivos e agitados durante 10 minutos com uma frequência de 80 rpm. Os sedimentos foram divididos em seis frações (<0.063 mm; 0.063-0.125 mm; 0.125-0.25 mm; 0.25-0.5 mm; 0.5-1 mm e ≥1 mm) a que corresponde uma classe sedimentar, sendo a fração ≥ 1mm, corresponde a areia muito grosseira; 1-0.5 mm, areia grosseira; 0.5-0.25 mm, areia média; 0.25- 0.125mm, areia fina; 0.125- 0.063 mm, areia muito fina; e ≤0.063 mm, vasa. De acordo com a percentagem do teor em finos as frações ainda foram classificadas em limpo (<5%); vasoso (5-25%); muito vasoso (25 -50%) segundo Larssonneur (1977).

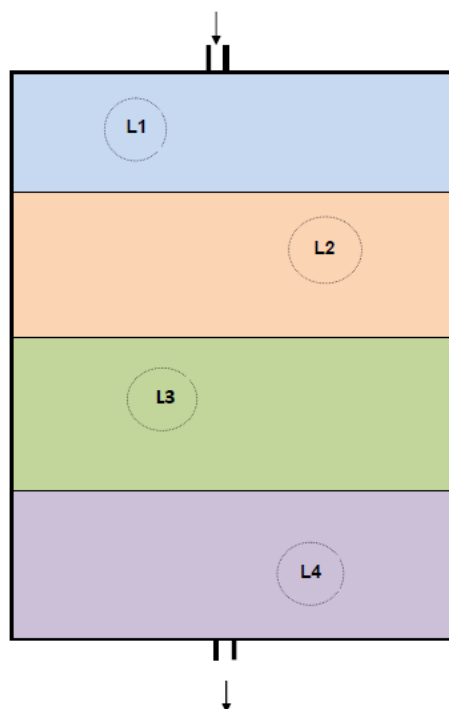


Figura 9. Desenho esquemático dos pontos de amostragem de matéria orgânica, temperatura e pH e do sedimento nos tanques I e II. L1, L2, L3, L4, representam os locais de colheita de amostras nas áreas E, AA1, AA2 e S respectivamente.

2.2.3 Amostragem e determinação da concentração de nutrientes na interface sedimento-coluna de água

Para determinação da concentração de nutrientes dissolvidos na interface sedimento-coluna de água, nomeadamente as formas oxidadas de azoto inorgânico dissolvido (somatório de nitrato e nitrito) ($\text{NO}_x\text{-N}$) e de azoto na forma de amoníaco ($\text{NH}_4\text{-N}$) e fostatos, foi recolhida durante a amostragem descrita nos locais da figura 9, amostras de água à superfície do sedimento com ajuda de uma draga Van Veen de 0.05 m^2 , ainda fechada através da abertura superior da mesma, usando uma seringa de 100 mL. Posteriormente, as alíquotas de água foram colocadas em frascos de polietileno, conservadas a uma temperatura de 5°C e armazenadas num caixa isolada termicamente e transportadas até ao laboratório de acordo com as técnicas descritas por USEPA (2001). As amostragens no tanque II, foram feitas no período da manhã, entre as 10 e 12 horas enquanto que no tanque I foram feitas no período de tarde entre as 14 e 16 horas. No laboratório, as amostras foram centrifugadas por 10 minutos, numa rotação de 12000 rotações/minuto, para separação do sedimento e o sobrenadante. Do sobrenadante foram analisadas as concentrações de nitrato ($\text{NO}_3\text{-N}$) e nitrito ($\text{NO}_2\text{-N}$) usando um equipamento/analizador multi parâmetro (FIAstar 5 000 Analyzer, Höganäs, Sweden) e

seguindo a metodologia proposta por Strickland e Parsons (1972); amoníaco ($\text{NH}_4\text{-N}$) e fosfatos (PO_4^{3-}) pelo método espectroscópico para análise de amostras em espectrofotômetro multiparâmetro Jenway 6 500 & 6 505. Para assegurar o controle de qualidade analítica, curvas de calibração, usando uma solução padrão, foram executados no início da análise. Os resultados de nitrato e nitrito, foram representada em forma de somatório ($\text{NO}_x\text{-N}$) das concentrações de nitrato ($\text{NO}_3\text{-N}$) e nitrito ($\text{NO}_2\text{-N}$).

2.2.4 Amostragem, triagem, identificação e estimativa da biomassa de bivalves

Para o estudo da comunidade de bivalves presentes no fundo dos tanques de terra foram amostrados sedimentos bentônicos usando uma draga Van Veen 0.05 m^2 de área de amostragem em 40 pontos ao longo dos tanques I e II, definidos com base em transetos lineares de acordo com a figura 10.

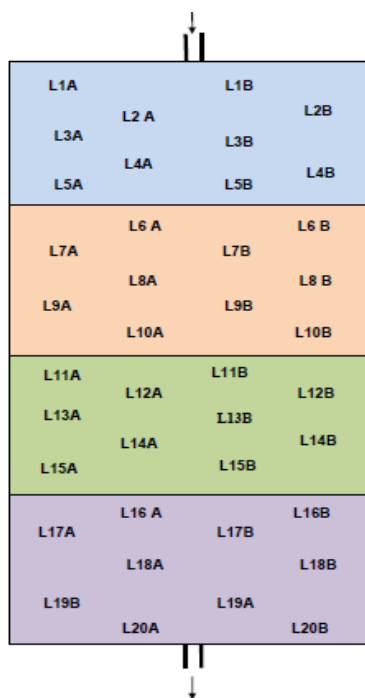


Figura 10. Representação esquemática dos pontos de amostragem de sedimentos bentônicos para a caracterização de bivalves. O códigos na figura representam os pontos de amostragem adotados nas respectivas áreas.

Os sedimentos bentônicos recolhidos foram posteriormente lavados *in situ* usando uma rede de 0.5 mm de malha calibrada, com vista a descartar parte do sedimento mais fino e reter o material biológico. O material retido foi colocado em frascos de polietileno de 500 ml e

preservado em formaldeído a 4%, previamente tamponizado com borato de sódio para preservação das estruturas calcáreas, até tratamento posterior (figura 11).



Figura 11. Lavagem e armazenamento de material biológico. A- Amostra de material biológico retido na rede de malha calibrada após a lavagem; B- Alguns exemplares de material biológico conservado em frascos de polietileno contendo formaldeído 4% previamente tamponizado.

No laboratório, procedeu-se a uma nova lavagem para remoção do formaldeído, restos de sedimento e separação do material biológico através de uma coluna de dois crivos (malhas com 1.0 e 0.5 mm) para o processo de triagem. O material biológico retido em cada crivo foi corado com Rosa de Bengala durante cerca de 30 minutos para facilitar a identificação dos organismos durante o processo de triagem (figura 12).

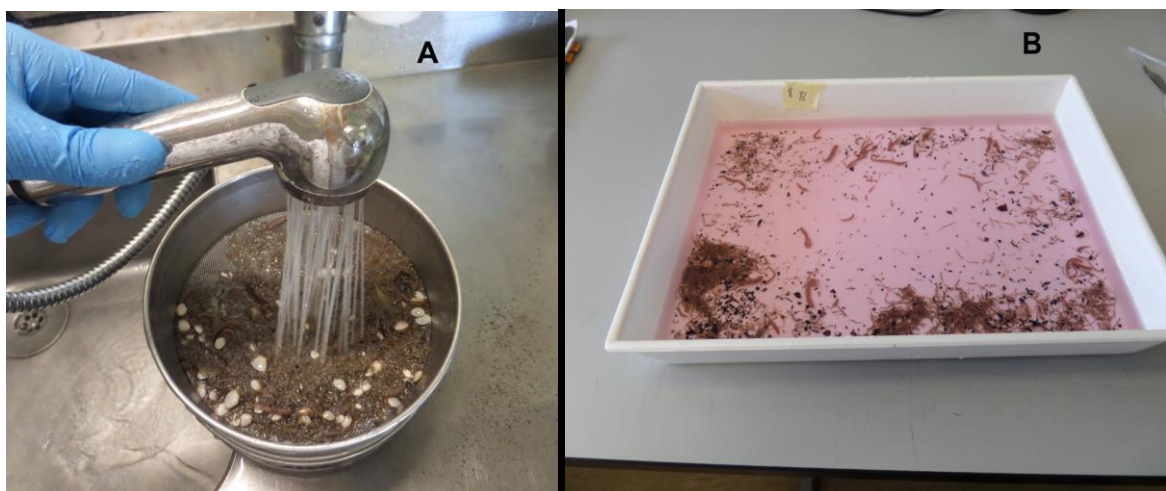


Figura 12. Processo de lavagem, separação das amostras no laboratório. A- Lavagem e separação do material biológico através de crivos. B –Parte do material biológico separado e corado com Rosa de Bengala.

Passados 30 minutos o material foi triado manualmente, com ajuda de luz de um candeeiro para facilitar a visibilidade dos organismos e conservado em frascos com álcool etílico a 80%. Seguidamente os organismos foram contabilizados e identificados com o auxílio de uma lupa Leica S8 APO, trinocular, com ampliação na escala de 10 à 80 vezes, e guiões de identificação Tebble (1976) e Hayward e Ryland (1990), sempre que possível, até ao nível taxonómico de espécie (figuras 13 e 14).

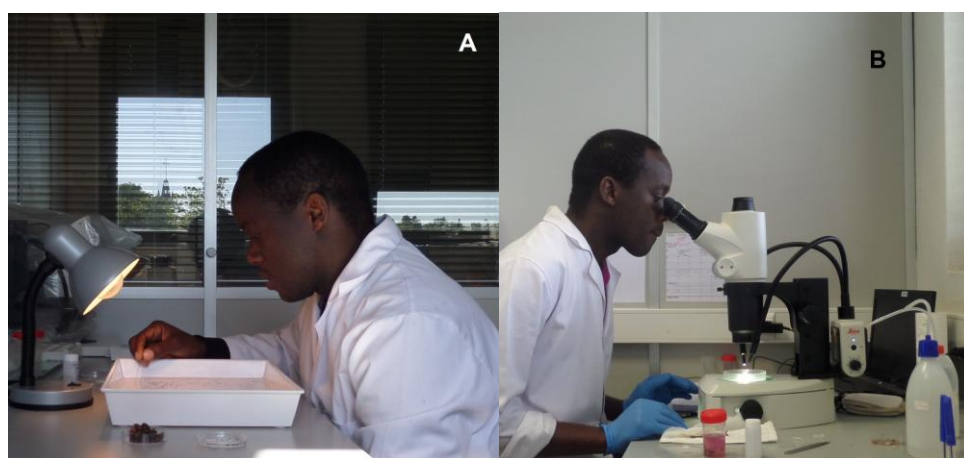


Figura 13. Triagem e identificação dos bivalves. A: Triagem do material biológico; B: identificação de amostras de bivalves na lupa.

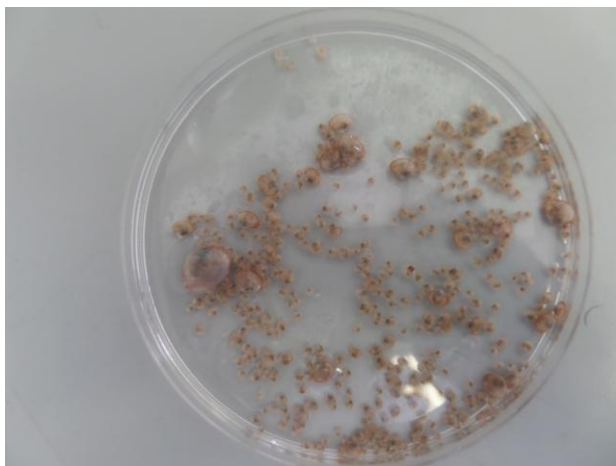


Figura 14. Exemplos de *Scrobicularia plana* após sua identificação.

Após a identificação e contagem, os organismos foram colocados em estufa a 60°C por 72 horas para secagem e pesados em balança de precisão 0,01 mg afim de determinar do peso seco (PS), e posteriormente foram colocados nos cadinhos e totalmente queimados em uma mufla à 450°C durante 6 horas para determinar o peso seco livre de cinzas (PSLC), através de cálculo das diferenças dos pesos antes e depois de incineração.

2.2.5 Análise estatística

Após a identificação dos bivalves por espécie, foi analisada a sua distribuição nos tanques, apenas para espécies com contribuição relativa mais representativa, tendo sido verificado:

- a) abundâncias absoluta (m^2), que corresponde ao número total de indivíduos por espécie em cada uma das área do tanque por cada metro quadrado;
- b) abundâncias relativa (%), correspondente a contribuição percentual das abundâncias absolutas das espécies analisadas por cada uma das áreas;
- c) biomassa (g/m^2), que corresponde ao PSLC em gramas e por espécie em cada uma das áreas do tanque por cada metro quadrado;
- d) biomassas média (mg/m^2) que corresponde ao quociente entre PSLC em miligramas, de uma determinada espécie e o número total dos indivíduos desta mesma espécie por metro quadrado em cada uma das áreas.
- e) biomassas média relativa (%), correspondente a contribuição percentual das biomassas médias das espécies analisadas por cada uma das áreas.

Para identificar a interação espaciais dos parâmetros físico-químicos da água (temperatura e pH), nutrientes e matéria orgânica entre os dois tanques, foi efetuada uma Análise de Coordenadas Principais (PCO) sobre uma matriz de dados previamente padronizada e

transformada pela função $[y=\log(x+1)]$ e o coeficiente de similaridade de Bray-Curtis. A padronização e transformação dos dados foi para homogenizar as variâncias e dar mais ênfase nas diferenças da composição entre as amostras (Clarke e Gorley, 2006). As variáveis foram representadas em forma de vetores e apresentadas as suas contribuições ao longo dos dois primeiros eixos. Esta estatística multivariada foi realizada no programa PRIMER v6 (Clarke e Warwick, 2001). Realizou-se ainda uma análise multivariada de similaridades, para as matrizes dos dados de abundância absoluta, biomassa média, biomassa relativa e biomassa média relativa das espécies, com vista a averiguar as semelhanças entre grupos (áreas e tanques) mediante a aplicação de um teste não-paramétrico (*two-way ANOSIM test*). Os dados das abundâncias sofreram uma transformação $[y=\log(x+1)]$ (Clarke e Warwick, 2001). A hipótese nula (H_0) usada foi de que não existe diferenças significativas das abundância e biomassas de bivalves entre os tanques e entre as áreas. O nível de significância, para todos os testes efetuados foi de 95%.

3. RESULTADOS

3.1 Parâmetros físico-químicos

Os valores médios e de desvio padrão dos parâmetros físico-químicos da água do tanque (salinidade e oxigénio dissolvido) e da água intersticial na camada superficial do sedimento (pH, temperatura) determinados *in situ*, estão representados na TABELA 2. O pH, a temperatura e a salinidade registada nos dois tanques, não se verificou grande alteração, enquanto que o oxigénio dissolvido variou de 6.7 mg L⁻¹ para 9.6 mg L⁻¹ no tanque I e II respetivamente.

Tabela 2. Valores médios dos parâmetros físico-químicos observados nos tanques I e II.

Parâmetros	Tanque I	Tanque II
pH	7.4 ± 0.1	7.3 ± 0.1
Temperatura (°C)	18.6 ± 0.3	18.1 ± 0.5
Salinidade	22.6 ± 0.1	22.1 ± 0.2
Oxigénio dissolvido (mg L ⁻¹)	6.7 ± 0.2	9.6 ± 0.2

3.2 Granulometria e teor em matéria orgânica do sedimento

Da análise das características do sedimento nos dois tanques (figura 15), verifica-se a dominância da areia grossa vasosa, ou seja, maior percentagem de sedimento da fração areia grossa (1.0-0.5 mm) e com percentagem de teor em matéria fina (<0.063 mm) maior que 5%. Entretanto, o tanque I foi caracterizado pela presença de areia grossa limpa na entrada (TIE) e areia grossa vasosa nas áreas intermédia 1 (TIAA1), intermédia 2 (TIAA2) e saída (TIS), enquanto que o tanque 2 foi caracterizado pela presença de areia grossa vasosa nas áreas entrada (TIIE), intermédia 1 (TIIAA1) e intermédia 2 (TIIAA2) e areia média vasosa na área de saída (TIIS). A textura das frações sedimentares no tanque 2 é mais homogénio e com aparição de sedimentos mais finos quando comparada ao tanque 1.

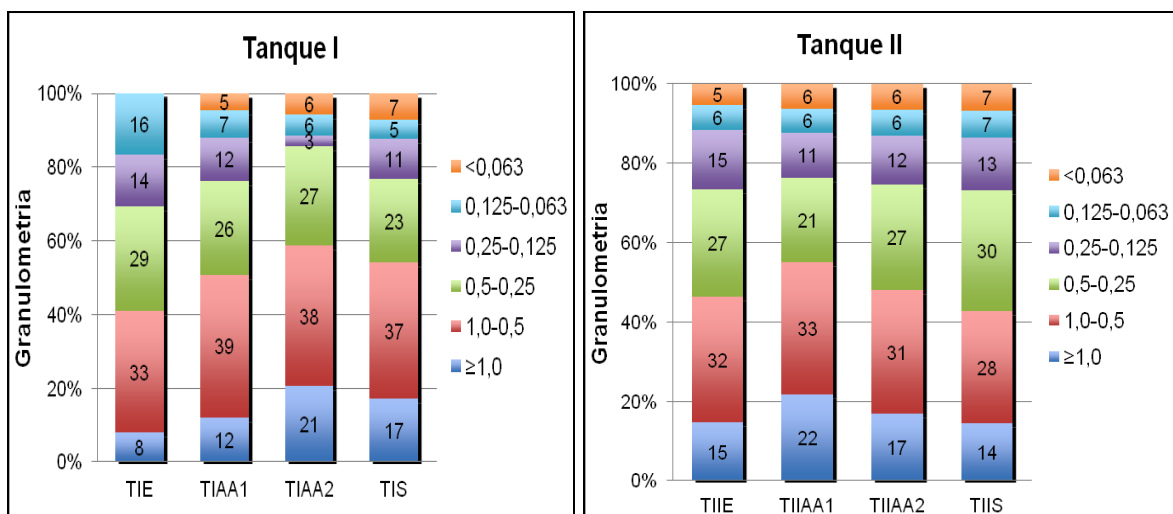


Figura 15. Variação das diferentes frações do sedimento nas áreas de amostragem nos tanque I e II.

A percentagem da matéria orgânica (MO) no tanque I, variou entre 5.7% e 5.9%, obtidos nas áreas TIS (saída) e TIE (entrada) respetivamente, enquanto que no tanque II variou entre 6.1% e 5.5% obtidos nas áreas TIIS (saída) e TIEE (entrada) respetivamente (figura 16).

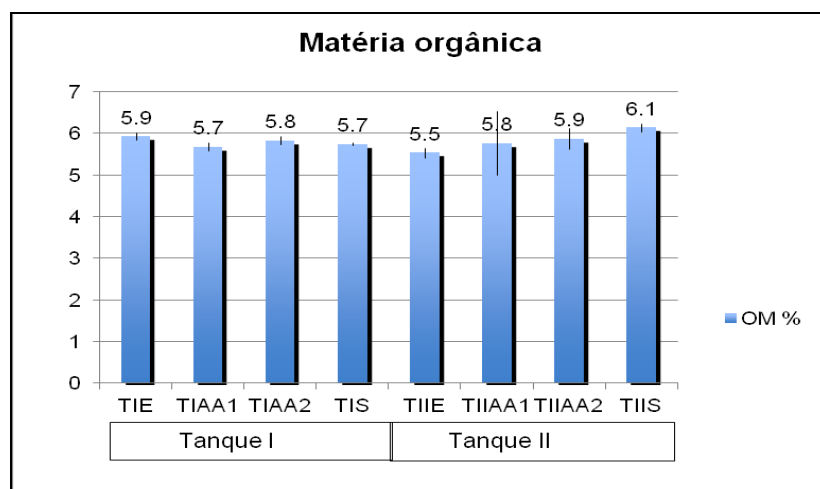


Figura 16. Percentagem de matéria orgânica no sedimento nas áreas de amostragem nos tanque I e II.

3.3 Concetração de nutrientes

As concentrações dos nutrientes dissolvidos na interface sedimento-coluna de água, nomeadamente as formas oxidadas de azoto inorgânico dissolvido ($\text{NO}_x\text{-N}$) e de azoto na forma de amoníaco ($\text{NH}_4\text{-N}$), foram mais elevadas no tanque I quando comparado com tanque II enquanto que a concentração de fosfatos ($\text{PO}_4\text{-P}$), foi mais elevada no tanque II.

Considerando as áreas dentro de cada tanque as concentrações de (NO_x-N) variaram entre 0.22 mgL⁻¹ e 0.31 mgL⁻¹ no tanque I, enquanto que no tanque II decrescem de 0.16 mgL⁻¹ da entrada para 0.02 mgL⁻¹ na área de saída. As concentrações de amoníaco (NH₄-N) no tanque I variaram entre 0.30 mgL⁻¹ e 0.35 mgL⁻¹, enquanto que no tanque II a área de entrada e intermédia 1 apresentam concentrações muito próximas entre si (0.14 mgL⁻¹ e 0.13 mgL⁻¹, respectivamente) e a área intermédia 2 e a de saída também apresentam concentrações próximas entre si (0.25 mgL⁻¹ e 0.22 mgL⁻¹, respectivamente). As concentração de fosfatos (PO₄-P) são mais homogêneas no tanque I, variando entre (0.03 mgL⁻¹ e 0.04 mgL⁻¹) comparativamente ao tanque II (figuras 17).

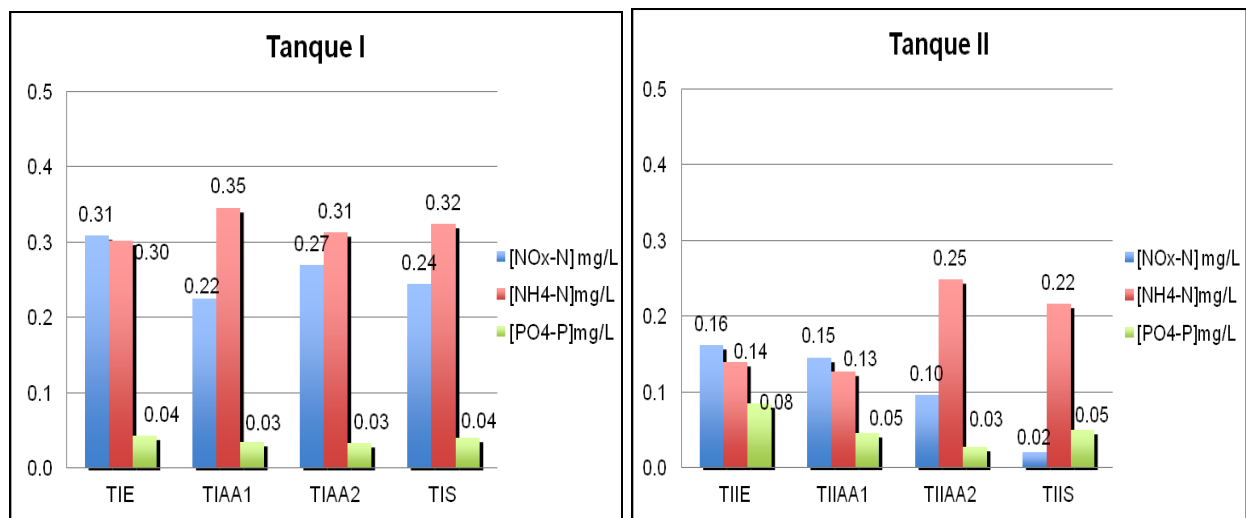


Figura 17. Valores de concentrações dos nutrientes dissolvidos na interface sedimento-coluna de água nas áreas de amostragem nos tanque I e II.

Da análise PCO efetuada para verificar a similaridade dos dados dos parâmetros físico-químicos (temperatura e pH), matéria orgânica e nutrientes em relação aos tanques e as distintas áreas, mostra que os dois primeiros eixos da análise PCO foi constituída por 79,7% da variação no conjunto de dados, sendo o eixo 1 constituída por 59,5% e o eixo 2 por 20,2% (Figura 18). A análise ANOSIM revelou haver diferenças significativas dos parâmetros físico-químicos e nutrientes analisados entre aos tanques ($R = 0.309$ e $p = 0.01$) (Anexo 1).

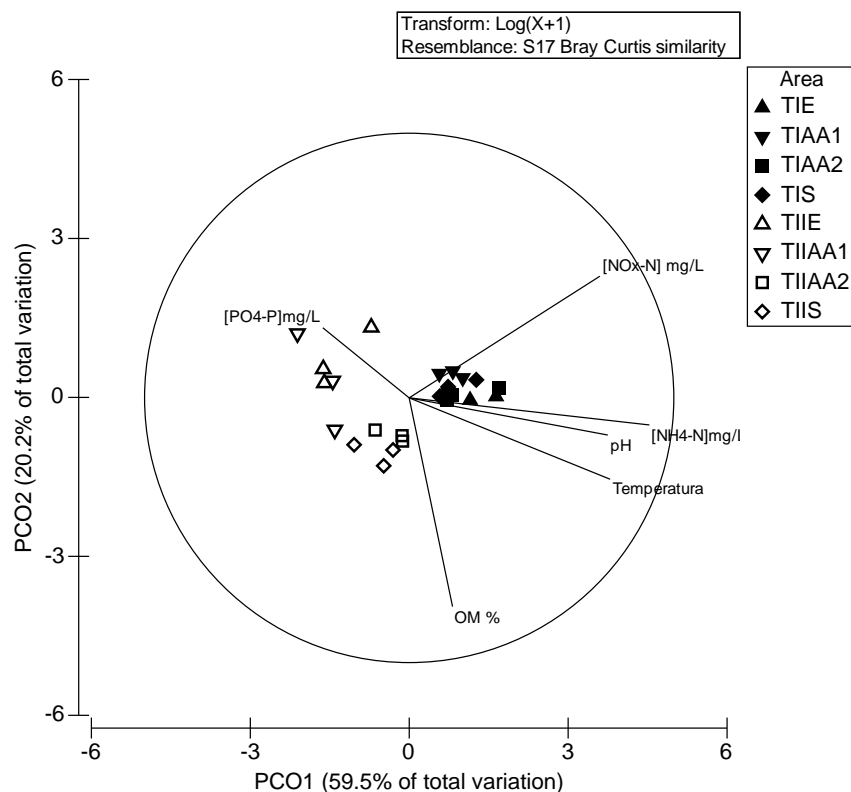


Figura 18. Diagrama de análise PCO na matriz dos dados dos parâmetros físico-químicos, matéria orgânica e nutrientes em relação aos tanques I e II.

3.4 Composição específica dos bivalves

Nos dois tanques em estudo, foram recolhidos e contabilizados 21 061 espécimes de bivalves, nomeadamente: família Cardiidae, *Cerastoderma edule* (Berbigão) (1 585) e *Acanthocardia echinata* (Berbigão-de-bicos-legítimo) (2); família Semelidae, *Scrobicularia plana* (Lambujinha) (19 463); família Mactridae, *Spisula subtruncata* (Amêijoa-dourada) (10); e família Kellidae não tendo sido possível identificar a espécie (1). Os nomes comuns usados estão de acordo com o regulamento DGRM (2012). O tanque I registou 3 espécies com 678 indivíduos, enquanto que no tanque II foram registadas 5 espécies com 20 383 indivíduos (TABELA 3).

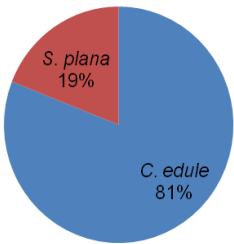
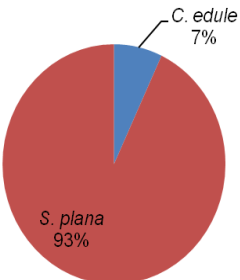
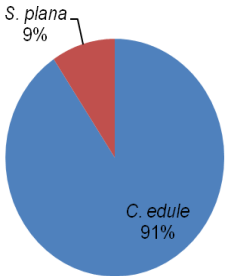
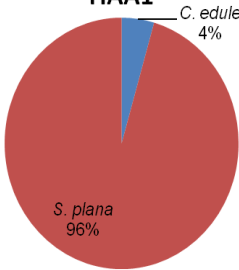
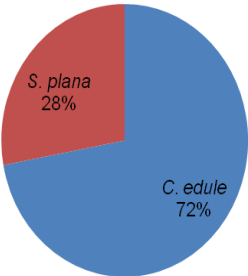
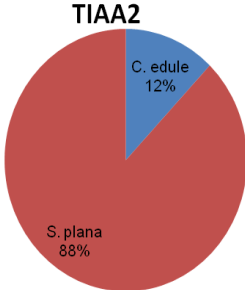
Tabela 3. Composição específica e abundâncias por espécie de bivalves identificadas nos tanques I e II.

Taxa	Tanque I	Tanque II	Total
<i>Cerastoderma edule</i>	614	971	1 585
<i>Scrobicularia plana</i>	62	19 401	19 463
<i>Spisula subtruncata</i>	2	8	10
<i>Acanthocardia echinata</i>	0	2	2
Kellidae	0	1	1
TOTAL	678	20 383	21 061

As figuras 19 e 20 estão representadas as abundâncias relativas, biomassa (PSLC) média relativa das espécies mais representativas, nomeadamente *C. edule* e *S. plana*, no tanque I e II respetivamente. De um modo geral, no tanque I, *C. edule* foi a que registou maior percentagem da abundância relativa e *S. plana* registou maior percentagem de biomassa média relativa, enquanto que, no tanque II, *S. plana* registou maior percentagem da abundância relativa e *C. edule* registou maior percentagem de biomassa média relativa.

A percentagem de abundância relativa de *C. edule* no tanque I variou entre 72% e 94% verificada nas áreas intermédia 2 e saída respetivamente. A percentagem de biomassa média relativa de *S. plana* variou entre 86% e 96%, registadas nas área saída e intermédia I respetivamente. Entretanto, apesar de *C. edule* ter registado em todas as áreas do tanque I maior abundância absoluta (m^2), *S. plana* foi a que registou maior biomassa (g/m^2) e biomassa média (mg/m^2).

No tanque II, a percentagem de abundância relativa de *S. plana* variou entre 92% e 98%, verificada na entrada e na área intermédia 1 respetivamente. A percentagem de biomassa média relativa de *C. edule* variou entre 51% e 96%, registadas nas áreas entrada e saída respetivamente. *S. plana* foi a que teve maior valor de abundância absoluta em todas as áreas do tanque II, sendo o maior valor registado na área intermédia 1 com 13 980 indivíduos/ m^2 e menor na entrada com 4 026 indivíduos/ m^2 , enquanto que *C. edule* apresentou maior valor de biomassa média em todas as áreas tendo maior valor sido registado na área entrada (13.4 mg/m^2) e menor na intermédia 2 (1.0 mg/m^2).

Abundância relativa		Biomassa média relativa	
<p>TIE</p> 		<p>TIE</p> 	
Área (TIE)- Entrada		<i>C. edule</i>	<i>S. plana</i>
Abundância absoluta (m ²)		102	24
Biomassa em PSLC (g/m ²)		0.1	3.1
Biomassa média em PSLC (mg/m ²)		49.3	653.3
<p>TIAA1</p> 		<p>TIAA1</p> 	
Área (TIAA1)-Intermédia 1		<i>C. edule</i>	<i>S. plana</i>
Abundância absoluta (m ²)		154	16
Biomassa em PSLC (g/m ²)		0.1	1.4
Biomassa média em PSLC (mg/m ²)		25.4	542.8
<p>TIAA2</p> 		<p>TIAA2</p> 	
Área (TIAA2)- Intermédia 2		<i>C. edule</i>	<i>S. plana</i>
Abundância absoluta (m ²)		300	116
Biomassa em PSLC (g/m ²)		0.4	0.7
Biomassa média em PSLC (mg/m ²)		64.3	464.5

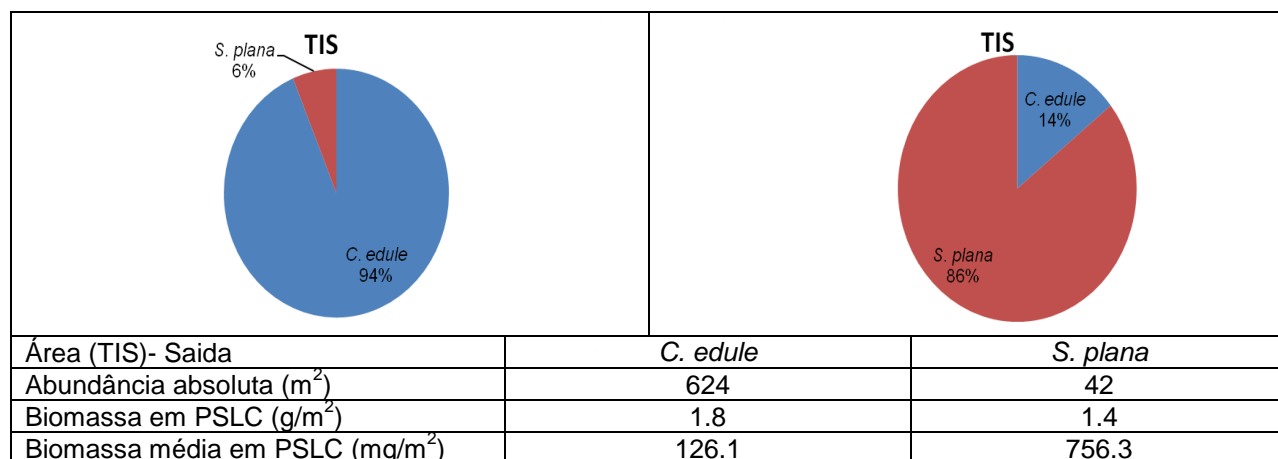
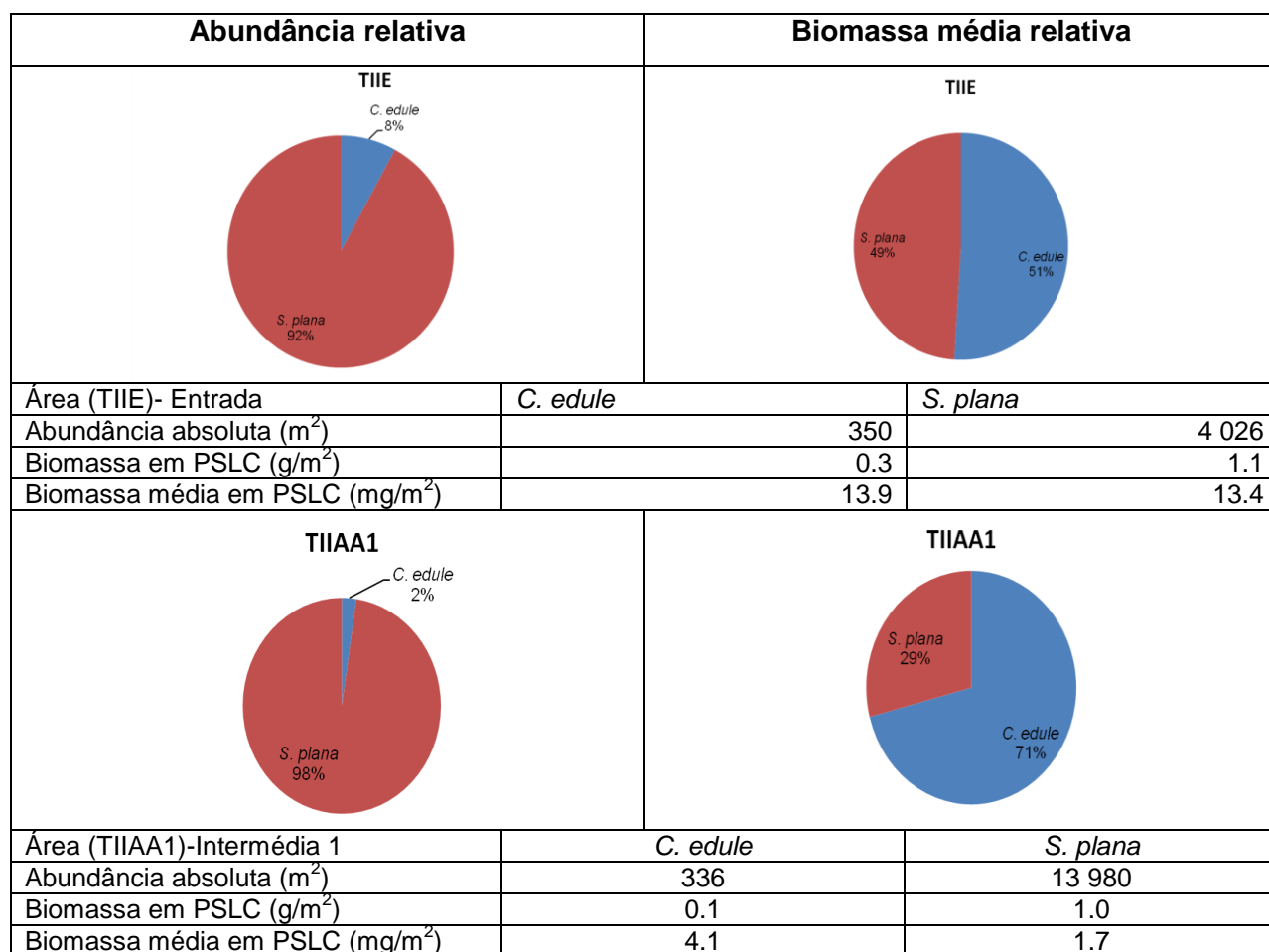


Figura 19. Diagrama representativo da perfil de abundância relativa, biomassa média relativa e ilustração dos valores de abundância absoluta, biomassa e biomassa média das espécies *C. edule* e *S. plana* no tanque I.



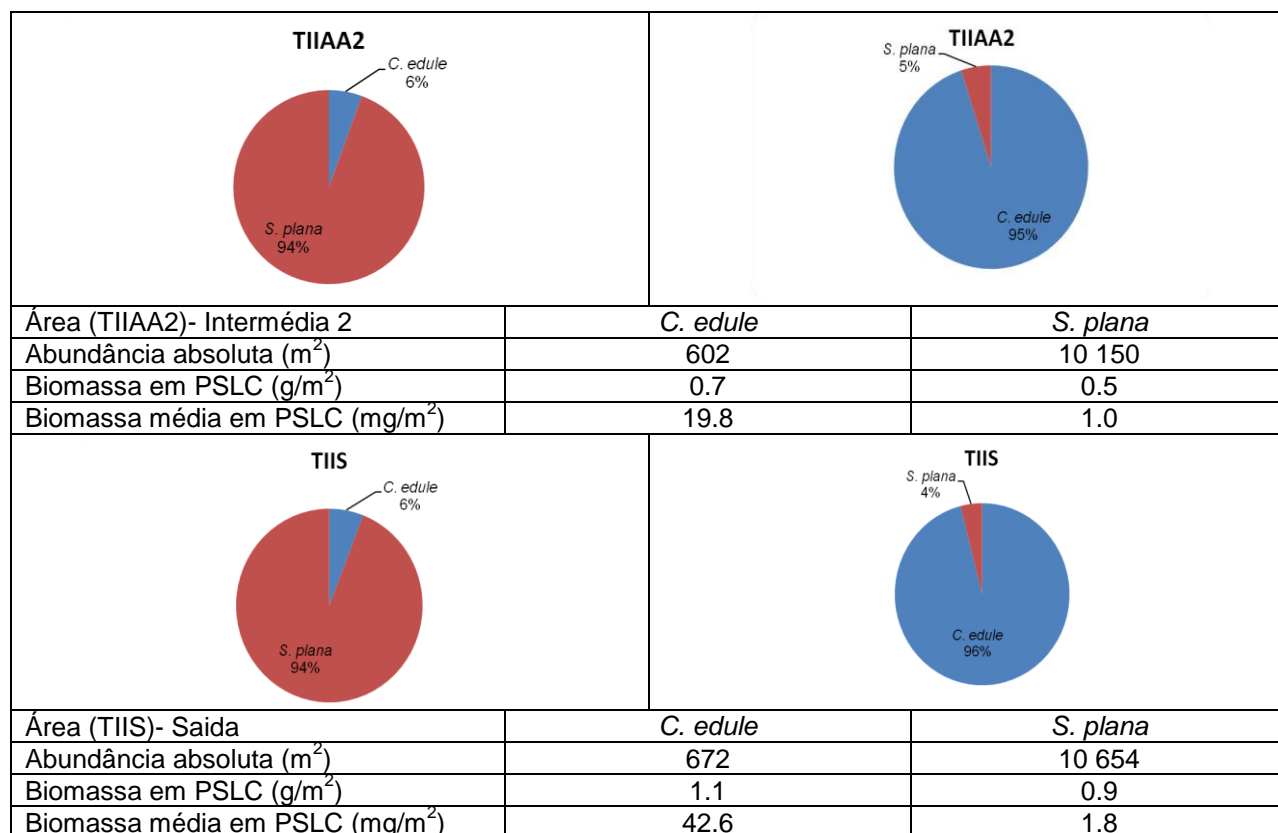


Figura 20. Diagrama representativo da perfil de abundância relativa, biomassa média relativa e ilustração dos valores de abundância absoluta, biomassa e biomassa média das espécies *C. edule* e *S. plana* no tanque II

3.5 Análise multivariada dos dados biológicos

As análises ANOSIM permitiu verificar a significância da variação dos dados da abundância absoluta, biomassa média, biomassa relativa e biomassa relativa média (TABELA 4). Os resultados indicam que no geral, existem diferenças significativas na abundância absoluta das duas espécies de bivalves avaliadas entre os tanques monitorizados ($R=0.789$ e $p=0.001$) e entre as distintas áreas dos tanques ($R=0.136$ e $p=0.001$); existem diferenças significativas na biomassa média dos indivíduos das duas espécies entre os tanques ($R=0.548$ e $p=0.001$) e entre as distintas áreas ($R=0.138$ e $p=0.001$); existem diferenças significativas da biomassa relativa dos indivíduos das espécies entre os tanques ($R=0.276$ e $p=0.001$) e entre as distintas áreas ($R=0.080$ e $p=0.014$) e existem diferenças significativas da biomassa média relativa das duas espécies entre os tanques ($R=0.436$ e $p=0.001$) e entre as distintas áreas ($R=0.291$ e $p=0.001$).

Tabela 4. Resultados da análise ANOSIM para os dados biológicos com níveis de significância. O nível de significância é calculado como a percentagem das estatísticas significantes no total de permutações efectuadas

Indicador	Factor	Valor de R Global	Nível de significância global
Abundância absoluta	Tanque	0.789	Nº permutações= 999 p=0.001
	Área	0.136	Nº permutações= 999 p=0.001
Biomassa média	Tanque	0.548	Nº permutações= 999 p=0.001
	Área	0.138	Nº permutações= 999 p=0.001
Biomassa relativa	Tanque	0.276	Nº permutações= 999 p=0.001
	Área	0.080	Nº permutações= 999 p=0.014
Biomassa média relativa	Tanque	0.436	Nº permutações= 999 p=0.001
	Área	0.291	Nº permutações= 999 p=0.001

O teste ANOSIM, para análise das diferenças entre áreas na matriz de abundância absoluta das espécies *C. edule* e *S. plana*, revelou haver diferenças significativas entre todas as áreas correspondentes aos grupos definidos exceto os grupos AA1, AA2 ($p = 0.05$) e AA2, S ($P=0.196$) sendo que para todos os grupos o valor de R foi menor que 0.5 (TABELA 5 e Anexo 2).

Tabela 5. Resultados de testes ANOSIM na matriz da abundância absoluta para análise de diferenças entre áreas

Grupos	R estatístico	Nível de significância %	permutações
E, AA1	0.184	0.010	999
E, AA2	0.160	0.014	999
E, S	0.273	0.001	999
AA1, AA2	0.086	0.053	999
AA1, S	0.152	0.011	999
AA2, S	0.031	0.196	999

O teste ANOSIM, para análise das diferenças entre áreas na matriz de biomassa média das espécies *C. edule* e *S. plana*, revelou haver diferenças significativas entre todas as áreas correspondentes aos grupos definidos exceto o grupo AA1, AA2 ($p=0.235$), sendo que para todos os grupos o valor de R foi menor que 0.5 (TABELA 6 e Anexo 3).

Tabela 6. Resultados de testes ANOSIM na matriz da biomassa média para análise de diferenças entre áreas

Grupos	R estatístico	Nível de significância %	permutações
E, AA1	0.144	0.018	999
E, AA2	0.213	0.004	999
E, S	0.207	0.007	999
AA1, AA2	0.029	0.235	999
AA1, S	0.129	0.018	999
AA2, S	0.177	0.002	999

O teste ANOSIM, para análise das diferenças entre áreas na matriz dos dados da biomassa relativa das espécies *C. edule* e *S. plana*, revelou haver diferenças significativas entre as áreas E,AA2 ($p=0.010$); AA1,AA2 ($p=0.008$) e AA1,S ($p=0.026$) e não tendo sido verificada diferenças significativas nas áreas correspondentes aos restantes grupos analisados, sendo que para todos os grupos o valor de R foi menor que 0.5 (TABELA 7 e Anexo 4).

Tabela 7. Resultados de testes ANOSIM na matriz da biomassa relativa para análise de diferenças entre áreas

Grupos	R estatístico	Nível de significância %	permutações
E, AA1	-0.064	0.927	999
E, AA2	0.154	0.010	999
E, S	0.081	0.092	999
AA1, AA2	0.153	0.008	999
AA1, S	0.108	0.026	999
AA2, S	0.046	0.132	999

O teste ANOSIM, para análise das diferenças entre áreas na matriz de biomassa média relativa das espécies *C. edule* e *S. plana*, revelou haver diferenças significativas entre todas as áreas correspondentes aos grupos definidos, sendo que para todos os grupos o valor de R foi menor que 0.5 (TABELA 8 e Anexo 5).

Tabela 8. Resultados de testes ANOSIM na matriz da biomassa média relativa para análise de diferenças entre áreas

Grupos	R estatístico	Nível de significância %	permutações
E, AA1	0.139	0.026	999
E, AA2	0.188	0.008	999
E, S	0.380	0.001	999
AA1, AA2	0.336	0.001	999
AA1, S	0.478	0.001	999
AA2, S	0.207	0.005	999

4. DISCUSSÃO

4.1 Parâmetros físico-químico da água, granulometria, material orgânica e nutrientes

A análise da interação entre a água e os sedimentos do fundo do tanque aquícola reveste-se de extrema importância, possuindo impacto direto na sobrevivência e no crescimento dos organismos aquáticos existentes no meio (De Queiroz, et al., 2004). Os valores de pH, temperatura, salinidade e concentração de oxigênio apresentados na TABELA 2, assemelham-se aos encontrados nos estudos realizados por Sánchez-Moyano et al., (2003) e Camacho et al., (2014) ao longo do estuário do rio Guadiana. No geral estes parâmetros físico-químicos são favoráveis para o desenvolvimento de espécies de peixes, como por exemplo o *D. labrax* (FAO 2007; Duarte et al., 2008) e *S. senegalensis* (FAO, 2014a) e organismos como os moluscos bivalves (Sousa et al., 2007; Burdon et al., 2014). No caso do azoto na forma de amoníaco importa salientar que as concentrações registadas no presente estudo estão claramente abaixo do limiar (≈ 1 mg/L) a partir dos quais são despoletados procedimentos de emergência para regularizar a qualidade da água (ex. aumento da taxa de renovação parcial da água do tanque). Foram verificados valores diferenciados de oxigênio dissolvido, que no presente estudo podem estar relacionados com quantidades de fitoplankton, a qual durante o processo fotossintético, promove o consumo de CO_2 e libertação de O_2 (Swann, 1997; Hargreaves e Tucker, 2004), bem como potenciais artefactos causados pela realização de medições em diferentes períodos do dia ou da densidade de peixes existente nos tanques (Hargreaves e Tucker, 2002). Em ecossistemas aquáticos, a dinâmica da população de bivalves, bem como sua produção, tem sido afetada quando se verifica uma sucessão de estressores (por exemplo alterações ambientais extremas e eutrofização) e quando presentes de forma consecutiva podem promover sinergias e baixar a estabilidade geral da população (Verdelhos, 2010). A temperatura da água tem um grande efeito sobre a sazonalidade do crescimento dos bivalves e pode ser em grande parte responsável pelas eventuais diferenças de crescimento em distintas regiões (Alves et al. 2003; Laing e Spencer 2006). Efetivamente, alterações não extremas de salinidade não impactam da mesma forma o crescimento de bivalves tanto como as flutuações térmicas (Laing e Spencer, 2006). As espécies de bivalves *S. plana* e *C. edule* revelam ser tolerantes a uma ampla gama de salinidades. No entanto, a atividade biológica dos bivalves diminui quando a salinidade tende a afastar-se do seu nível ótimo de desempenho (*S. plana*: 20-30 e *C. edule*: 20-25 sendo que estas espécies podem atingir 100% de mortalidade em salinidades inferiores a 5 e 10, para *S. plana* e *C. edule*, respetivamente (Verdelhos et al. 2015).

A granulometria é um dos fatores que condiciona a distribuição da comunidade de macroinvertebrados bentônicos sendo, por isso, fundamental em estudos de ecologia bentônica (Meire et al., 1994; Mazzola et al., 2000). Para além de fornecer informações importantes para a seleção do local ideal para a instalação de tanques de terra, (De Queiroz et al., 2004), a distribuição granulométrica do sedimento é um fator importante no controlo da contaminação orgânica e inorgânica (Meire et al. 1994). Da análise da caracterização granulométrica foi verificada que no tanque I houve forte presença de areia grossa (areia grossa limpa na entrada e areia grossa vasosa nas restantes áreas) enquanto que no tanque II, foi verificada a presença de areia grossa vasosa na entrada e nas áreas intermédia 1 e 2, e areia média vasosa na saída, tendo este tanque, tendência de aparição de sedimentos mais finos quando comparados com os do tanque I. No entanto, em tanques aquícolas, as características do sedimento poderão ser influenciadas pela chuva, hidrodinamismo e correntes de água geradas no processo de renovação, carga e descarga do tanque, pela aeração mecânica e pelas operações de pesca (Claude e Boyd, 2002, 2010, 2011). De um modo geral, Boeira e Silveira (2004) referem que o fundo dos tanques aquícolas não apresenta uniformidade da camada de sedimentos, da textura do solo ou da sua composição química. Normalmente, a espessura da camada de sedimentos aumenta das áreas mais rasas para as áreas mais profundas, e a textura do solo é mais fina nas áreas mais profundas do que nas áreas mais rasas. Além disso, mesmo em áreas com a mesma profundidade, algumas propriedades do solo exibem uma variação aleatória entre pontos diferentes, sendo que essas propriedades também podem variar de acordo com a espessura da camada dos sedimentos recolhidos, alterando diretamente o perfil e a nomeação dos horizontes dos sedimentos (Boeira e Silveira, 2004).

A variação verificada na análise de matéria orgânica apresentou uma tendência oposta nos dois tanques amostrados, sendo notório uma diminuição no tanque I da TIE (entrada) para a área TIS (saída), enquanto que no tanque II foi registado um aumento para o mesmo sentido (figura 16). De acordo com Karakassis et al. (1998) e Muendo et al. (2014), a administração da ração nos tanques aquícolas proporciona uma estrutura sedimentar rica em matéria orgânica, sendo que zonas onde se localizam os alimentadores automáticos, podem apresentar percentagens mais elevadas de matéria orgânica. Análise ANOSIM revela haver diferenças significativas nos dados referentes aos parâmetros físico-químicos, nutrientes e matéria orgânica analisados nos tanques ($R=0.309$ e $p = 0.01$), pelo que os perfis distintos exibidos pelo teor em matéria orgânica, pode sugerir que outros fatores, tais como o tipo de ração, fitoplankton na coluna de água, densidades de peixes e presença de invertebrados bentônicos

que não bivalves, (Boyd 1995) possam contribuir de forma decisiva para uma alteração da estrutura e composição do teor de matéria orgânica no sedimento.

4.2 Caracterização dos bivalves

As análises dos perfil de abundância relativa, biomassa média relativa (figuras 19 e 20) das espécies *C. edule* e *S. plana*, mostram proporções diferenciadas nos dois tanques, sendo que as análises ANOSIM revelaram haver diferenças significativas na abundância absoluta, biomassa média, biomassa relativa e biomassa média relativa entre os tanques (TABELA 4). As diferenças significativas entre os tanques foram mais evidentes nos dados relativos a abundância absoluta e biomassa média onde os valores de R foram maiores que 0.5, sendo $R=0.789$ e $R=0.548$ respectivamente. Vários estudos mostram padrões aleatórios de agregação de várias espécies de bivalves, em especial a *S. plana* e *C. edule* no meio natural, atribuindo a esta característica a elevada tolerância a variações ambientais que estes organismos apresentam, entre outros fatores tais como a competição por alimento, espaço e dinâmicas predador-presa (Ysebaert e Herman 2002; Verdelhos et al. 2005; Bocher et al. 2007; Santos et al. 2011; Araujo 2012;). Uma vez que a densidade de peixes no tanque I (0.43 peixes/m²) foi superior à existente no tanque II (0.37 peixes/m²), e em face dos resultados obtidos para a abundância absoluta de bivalves, foi verificado, como seria expectável, uma menor abundância de bivalves no tanque I em comparação com o tanque II. Este facto pode dever-se, para além de outros fatores, à predação por parte dos peixes em cultivo, em particular o robalo, sendo que estudos de conteúdo estomacal revelam uma certa preferência alimentar desta espécie piscícola por bivalves (Cabral, 2000; El-mor and Ahamed, 2008; Rogdakis et al. 2010; Andresen 2013). No entanto, importa salientar que muitos predadores possam ser seletivos e os efeitos globais que estes apresentam nas comunidades de bivalve podem não ser significativos (Bonsdorff et al. 1995). As análises da similaridade entre áreas dos tanques mostraram haver diferenças significativas e com o valor de R menor que 0.5, pelo que estas diferenças significativas registadas ao longo das áreas bem como grupos distintos entre áreas definidas no interior dos tanques deverão resultar de uma diversidade intrínseca à própria matriz amostral e não propriamente às diferentes localizações espaciais das áreas no interior dos tanques de produção.

Nos tanques de terra destinados ao cultivo semi-intensivo de peixe, pelo facto de serem habitats humanizados e semi-fechados, a dinâmica das populações de bivalves presentes no fundo poderá ser influenciada pelo elevado isolamento territorial e as reduzidas taxas de migração, sendo que, o recrutamento e crescimento populacional poderão estar dependentes

do número de indivíduos presente no início de um ciclo de produção de peixes. Carvalho et.al., (2014) compararam a distribuição das comunidades bentônicas presentes num reservatório de admissão de água e em tanques aquícolas de terra tendo verificado uma menor quantidade nos tanques aquícolas, atribuindo a este fenómeno o facto da colonização nos tanques estar condicionada, entre outros fatores, pela capacidade de dispersão das espécies presentes e da respetiva resistência que estas apresentem à turbulência e aos filtros do sistema de bombagem.

Branco (2003), verificou diferenças de gradiente relacionado com o aumento da intensificação do regime de cultura quando analisou a dinâmica das comunidades de macroinvertebrados em diferentes tanques, tendo o tanque em que foi fornecido alimento e introduzido uma população de robalo apresentado características de um ambiente menos alterado. Deste resultado o autor anterior concluiu que a introdução de robalos no tanque teve naturalmente repercussões na teia trófica do ecossistema e, de uma forma direta ou indireta, alterou a comunidade macrobentônica. Entretanto, no presente estudo, o fato de em cada um dos tanques à maior percentagem de abundância relativa (*C. edule* no tanque I e *S. plana* no tanque II) de uma espécie corresponder a uma maior percentagem de biomassa média relativa da outra espécie, pode estar relacionado com o período de estabelecimento destas espécies no tanque que garante o seu crescimento e recrutamento. Efetivamente, segundo Araujo (2012), o padrão espacial das espécies poderá propiciar uma baixa conectividade entre populações de bivalves e será, pelo menos parcialmente, responsável pelo recrutamento local, sendo que as condições hidrográficas e o tipo de sedimento, mais do que as interações biológicas relacionadas com a competição e a predação, moldam a forma e o tamanho das agregações a nível local.

O aumento dos valores da diversidade específica, abundância absoluta das espécies do tanque I para o tanque II, coincide com o aumento do teor em finos entre os tanques. Uma maior abundância relativa de *C. edule* foi registada no tanque I e de *S. plana* no tanque II. Embora ambas as espécies de bivalves sejam características da zona intertidal média (Nedwell et al., 1998), e ocorram muitas vezes em simpatria (Ysebaert e Herman 2002; Dolbeth et al., 2003), *C. edule* é mais comum em áreas arenosas (Bocher et al., 2007) e *S. plana* em áreas mais vasosas (Nedwell et al., 1998).

5. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo permitiu identificar a ocorrência de cinco espécies de bivalves nos tanques de terra de cultivo semi-intensivo de robalo: *C. edule*, *S. plana*, *S. subtruncata*, *A. echinata* e uma espécie não identificada da família de Kellidae.

O tanque I foi caracterizado pela presença de areia grosseira limpa na zona de entrada e areia grosseira vasosa nas restantes áreas enquanto que o tanque II foi caracterizado pela presença de areia média vasosa na área de saída e areia grosseira vasosa nas restantes áreas.

O tanque II foi o que registou maior diversidade específica e abundância absoluta de bivalves com uma maior abundância relativa de *S. plana*, sendo que o tanque I apresentou uma maior abundância relativa de *C. edule*. Análise multiparamétrica ANOSIM revelou a existência de diferenças significativas das abundâncias entre tanques e áreas. Os fatores responsáveis por estas diferenças deverão ser clarificados em estudos futuros (ex. análise de conteúdos estomacais de peixes em cultivo), sendo possível afirmar que a predação por parte dos peixes em cultivo e a granulometria do sedimento deverão desempenhar um papel fundamental no forçamento da composição e abundância das comunidades de bivalves.

As informações produzidas por estudos semelhantes ao realizado serão determinantes para o desenvolvimento de tecnologias para a criação e engorda de espécies integradas numa policultura em regime de produção semi-intensivo (ex. co-cultivo de robalo e linguado). Futuramente, será fundamental realizar a partição da contribuição nutricional representada pela adição de rações formuladas para a alimentação dos peixes em produção e o papel nutricional desempenhado pelos macroinvertebrados bentónicos em geral e os bivalves em particular.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alba-Tercedor, J. (1996). Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. Simposio Del Agua en Andalucía, II, 203–213.
- Alves, F., Chicharo, L., Nogueira, a, & Regala, J. (2003). Changes in benthic community structure due to clam dredging on the Algarve coast and the importance of seasonal analysis. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 83(4), 719–729. doi:10.1017/S0025315403007707h
- Andresen, H. (2013). Size-dependent predation risk for young bivalves. *Vrije Universiteit*.
- APROMAR. (2015). La Acuicultura en España 2015. Espanha.
- Araujo, S. (2012). Patterns of distribution, dynamics and genetic variation in the peppery furrow shell *Scrobicularia plana*. Department of Marine Ecology (MEE), Royal Netherlands Institute for Sea Research.
- Barnabé, G. (2005). Aquaculture: Biology and ecology of cultured species. *Aquaculture* (2nd publis., Vol. 140). Taylor & Francis e-Library. doi:10.1016/S0044-8486(96)90026-5
- Barrington, K., Chopin, T., & Robinson, S. (2009). Integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) in marine temperate waters. *Integrated Mariculture - A Global Review - FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper N0. 529*, 7–46. doi:10.1016/S0044-8486(03)00469-1
- Bocher, P., Piersma, T., Dekinga, A., Kraan, C., Yates, M. G., Guyot, T., ... Radenac, G. (2007). Site- and species- specific distribution patterns of molluscs at five intertidal soft-sediment areas in northwest Europe during a single winter. *Marine Biology*, 577–594.
- Bonsdorff, E., Norkko, a, & Sandberg, E. (1995). Structuring Zoobenthos - the Importance of Predation, Siphon Cropping and Physical Disturbance. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 192(1), 125–144. doi:10.1016/0022-0981(95)00067-2
- Bostock, J., McAndrew, B., Richards, R., Jauncey, K., Telfer, T., Lorenzen, K., ... Corner, R. (2010). Aquaculture: global status and trends. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 365(1554), 2897–2912. doi:10.1098/rstb.2010.0170
- Boyd, C. E. (1995). *Bottom Soils, Sediment, and Pond Aquaculture*. New York: Chapman & Hall.
- Boyd, C. E. (2002). A quaculture pond bottom soil quality management, (July), 23.
- Boyd, C. E. (2011). production Erosion , Sedimentation In Earthen Aquaculture Ponds, (February), 33–34.

- Boyd, C. E., Wood, C. W., Chaney, P. L., & Queiroz, J. F. (2010). Role of aquaculture pond sediments in sequestration of annual global carbon emissions. *Environmental Pollution*, 158(8), 2537–2540. doi:10.1016/j.envpol.2010.04.025
- Branco, M. A. C. (2003). Estudo da produção de linguado (*Solea senegalensis* KAUP, 1858) em tanques de terra. Instituto Nacional de Investigação Agrária e das Pescas.
- Bunting, S. W. (2004). Wastewater aquaculture: perpetuating vulnerability or opportunity to enhance poor livelihoods? *Aquatic Resources, Culture and Development*, 1(1), 51–75. doi:10.1079/ARC2004001
- Burdon, D., Callaway, R., Elliott, M., Smith, T., & Wither, A. (2014). Mass mortalities in bivalve populations: A review of the edible cockle *Cerastoderma edule* (L.). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 150(PB), 271–280. doi:10.1016/j.ecss.2014.04.011
- Cabral, H. N. (2000). Comparative feeding ecology of sympatric *Solea solea* and *S. senegalensis*, within the nursery areas of the Tagus estuary, Portugal. *Journal of Fish Biology*, 57(6), 1550–1562. doi:10.1006/jfbi.2000.1408
- Camacho, S., Moura, D., Connor, S., Boski, T., & Gomes, A. (2014). Geochemical characteristics of sediments along the margins of an atlantic-mediterranean estuary (the Guadiana, Southeast Portugal): spatial and seasonal variations. *Revista de Gestão Costeira Integrada*, 14(1), 129–148. doi:10.5894/rgci452
- Carballo, E., Eer, A., Schie, T., & Hilbrands, A. (2008). Piscicultura de água doce em pequena escala. (E. Carballo, Ed.) (Terceira E.). Wageningen.
- Carvalho, S., Barata, M., Pereira, F., Pousão-Ferreira, P., Cancela Da Fonseca, L., & Gaspar, M. B. (2010). Can macrobenthic communities be used in the assessment of environmental quality of fish earthen ponds? *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 90(1), 135–144. doi:10.1017/S0025315409990683
- Carvalho, S., Maura, A., Falcão, M., Pereira, P., Cancela da Fonseca, L., Dinis, M., & Pousão-Ferreira, P. (2004). Dinâmica inicial das comunidades de macrofauna bentonica numa piscicultura em regime semi-intensivo. *Revista Biol*, 22, 183–198.
- Chopin, T., Cooper, J. A., Reid, G., Cross, S., & Moore, C. (2012). Open-water integrated multi-trophic aquaculture: Environmental biomitigation and economic diversification of fed aquaculture by extractive aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, 4(4), 209–220. doi:10.1111/j.1753-5131.2012.01074.x
- Clarke, K. R., & Warwick, R. M. (2001). Change in marine communities. An approach to statistical analysis and interpretation. Natural Environment Research Council. doi:1

- De Queiroz, J. F., Boeira, R. C., & Silveira, M. P. (2004). Coleta e Preparação de Amostras de Sedimentos de Viveiros de Aquicultura. São Paulo.
- DGRM. (2012). Consolidação de alterações à Tabela do Anexo I republicado através da Declaração de Rectificação n.º 52/2006, de 18 de Agosto referente às Denominações Comerciais adoptadas em Portugal publicadas em Diário da República (Portaria n.º 587/2006, de 22 de Jun, (ANEXO I - site - 2015-12-21), 1–26.
- DGRM. (2013). Plano estratégico para a Aquicultura Portuguesa 2014-2020. Portugal.
- Diana, J. S., Egna, H. S., Chopin, T., Peterson, M. S., Cao, L., & Pomeroy, R. (2013). Responsible Aquaculture in 2050: Valuing Local Conditions and Human Innovations Will Be Key to Success. *BioScience*, 63(4), 255–262. doi:10.1525/bio.2013.63.4.5
- Dinis, M., Livi, S., Marino, G., Makridis, P., Boglione, C., Anras, L., ... Yúfera, M. (2010). The current status of extensive and semi-intensive aquaculture practices in Southern Europe, 35(June), 12–16.
- Dolbeth, M., Pardal, M., & Lillebø, A. (2003). Short- and long-term effects of eutrophication on the secondary production of an intertidal macrobenthic community. *Marine Biology*, 1229–1238. doi:10.1007/s00227-003-1133-5
- Downing, J. (1984). Sampling the Benthos of Standing Waters. A Manual on Methods for the Assessment of Secondary Productivity in Fresh Waters, 87–130. Retrieved from [http://www.public.iastate.edu/~downing/tier2/jadpdfs/1984 Downing Sampling the benthos of standing waters.pdf](http://www.public.iastate.edu/~downing/tier2/jadpdfs/1984%20Downing%20Sampling%20the%20benthos%20of%20standing%20waters.pdf)
- Duarte, A. C. L., Ruano, F., & Sobral, M. (2008). Policultura semi-intensiva de pregado *Psetta maxima* L. e robalo *Dicentrarchus labrax* L. em tanque de terra no estuário do rio Mondego. *Relat. Cient. Téc. IPIMAR, Série digi*, 17.
- El-mor, M., & Ahamed, A. (2008). Feeding habits of the common sole, *Solea vulgaris* (Quensel, 1806), from Mediterranean Sea, Port Said, Egypt. *Egypt. J. Aquatic Biology & Fish.*, 12(2), 51–61.
- FAO. (1997). Technical Guidelines for Responsible Fisheries. No. 5. FAO REPORT. Rome, Italy. doi:10.1017/CBO9781107415324.004
- FAO. (1998). History of Aquaculture. Aquaculture Production Systems. Rome, Italy. doi:10.1002/9781118250105.ch2
- FAO. (2006). Aquaculture resources. Rome, Italy.
- FAO. (2007). Cultured Aquatic Species Information Programme: *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758) (Vol. 9). Rome, Italy.

- FAO. (2014a). Cultured Aquatic Species Information Programme: *Solea spp.* (*S. solea*, *S. senegalensis*). Rome, Italy.
- FAO. (2014b). The State of World Fisheries and Aquaculture. Rome, Italy.
- Ferreira, H., Ribeiro, A. R., Dias, J., Yúfera, M., Arias, A. M., Falcão, M., ... Dinis, M. T. (2006). Sustainable semi-intensive polyculture of seabream and sole in earthen ponds, 1–6.
- Gomes, J. (2009). Efeito da inclusão de alimento vivo no desenvolvimento do estímulo predatório e na performance de crescimento de juvenis de Truta comum (*Salmo trutta*). Msc Thesis. Universidade de Porto, Portugal. Universidade do Porto.
- Hargreaves, J. a, & Tucker, C. S. (2002). Measuring dissolved oxygen concentration in aquaculture. SRAC Publication No. 4601, (4601).
- Hargreaves, J. a, & Tucker, C. S. (2004). Managing Ammonia in Fish Ponds. Southern Regional Aquaculture Center, (4603), 1–7.
- Helm, M., & Bourne, N. (2004). Hatchery culture of bivalves - A practical manual (FAO.). Rome: FAO Fisheries technical paper 471.
- Huntington, T., Roberts, H., Cousins, N., Pitta, V., Marchesi, N., Sanmamed, A., ... Brockie, N. (2006). Some Aspects of the Environmental Impact of Aquaculture in Sensitive Areas. UK. Retrieved from http://ec.europa.eu/fisheries/documentation/studies/aquaculture_environment_2006_en.pdf
- INE.I.P. (2015). Estatísticas da Pesca 2014. Lisboa-Portugal.
- Karakassis, I., Tsapakis, M., & Hatziyanni, E. (1998). Seasonal variability in sediment profiles beneath fish farm cages in the Mediterranean. Marine Ecology Progress Series, 162(JANUARY), 243–252. doi:10.3354/meps162243
- Laing, I., & Spencer, B. (2006). Bivalve cultivation : criteria for selecting a site. CEFAS Science Series Technical Report, (136), 34. Retrieved from www.cefasscience.co.uk/publications/techrep/techrep136.pdf
- Lazard, J., Lecomte, Y., Stomal, B., & Weigel, J. Y. (1991). Pisciculture en Afrique subsaharienne. Paris, France: Ministère français de la Coopération et du Développement.
- Liao, I. C. (2000). The state of finfish diversification in Asian aquaculture. Cahiers Options Méditerranéennes; N. 47, 125(Zaragoza : CIHEAM), 109–125.
- Machado, M. (2011). Caracterização morfológica e bioquímica do sistema digestório e identificação por isótopos estáveis de robalo peva e flexa selvagens e de cativeiro. Universidade Estadual Paulista.

- Machado, M., & Fonseca, L. (1997). Nota sobre o macrozoobentos de uma instalação de piscicultura semi-intensiva (Olhão, Portugal). 9º Congresso Do Algarve, (October), 907–919. doi:10.13140/RG.2.1.3992.3362
- Mazzola, A., Mirto, S., Rosa, T. La, Fabiano, M., & Danovaro, R. (2000). Fish-farming effects on benthic community structure in coastal sediments: analysis of meiofaunal recovery, 1454–1461. doi:10.1006/jmsc.2000.0904
- Meire, P. M., Dereu, J. P. J., Meer, J. Van Der, & Develter, D. W. G. (1989). Aggregation of littoral macrobenthic species: some theoretical and practical considerations, 137–148.
- Meire, P. M., Seys, J., Buijs, J., & Coosen, J. (1994). Spatial and temporal patterns of intertidal macrobenthic populations in the Oosterschelde: are they influenced by the construction of the storm-surge barrier?, 157–182.
- Mestre, P. (2008). Elaboração de um projecto de uma unidade de piscicultura. Universidade Técnica de Lisboa.
- Morais, A. C. (2002). Estudo da Eficiência de Diferentes Sistemas de Tratamento na Qualidade da Água de Uma Piscicultura Intensiva de Pregado (*Scophthalmus Maximus* L.) Ao Longo de um Ciclo Produtivo. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.
- Morrissey, D. J., Howitt, L., Underwood, J., & Stark, J. S. (1992). Spatial variation in soft-sediment benthos. Marine Ecology Progress Series, 81(1975), 197–204.
- Muendo, P. N., Verdegem, M. C. J., Stoorvogel, J. J., Milstein, A., Gamal, N., Duc, P. M., & Verreth, J. A. J. (2014). Sediment Accumulation in Fish Ponds; Its Potential for Agricultural Use, 1(5), 228–241.
- Nedwell, M. E. S., Jones, N. V., Read, S. J., Cutts, N. D., & Hemingway, K. L. (1998). Intertidal sand and mudflats & subtidal mobile sandbanks. An overview of dynamic and sensitivity characteristics for conservation management of marine SACs, II(August).
- Ocean Studies Board. (2010). Ecosystem Concepts for Sustainable Bivalve Mariculture. Washington D.C.: The National Academy's Press.
- Peres, M. (2000). Estudos de Nutrição Energética e Proteica em Robalo (*Dicentrarchus labrax*). Praxis. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.
- Rakocy, J., & Masser, M. (1992). Recirculating Aquaculture Tank Production Systems. Southern Regional Aquaculture Center, Nr 454(454).
- Reddy, D., & Carton, O. (2005). Nutrient Management in Agricultural Watersheds: A Wetlands Solution. Wageningen The Netherlands: Wageningen Academic Pub. Retrieved from <https://books.google.com/books?id=OII3Ua5L-QQC&pgis=1>

- Rivarola, E. (2011). Manual Básico de Piscicultura para Paraguay. Paraguay: Ministerio de Agricultura y Ganadería.
- Rogdakis, Y., Ramfos, A., Koukou, K., Dimitriou, E., & Katselis, G. (2010). Feeding habits and trophic level of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) in the Messolonghi-Etoliko lagoons complex (Western Greece). *Journal of Biological Research-Thessaloniki*, 13, 13–26.
- Sánchez-Moyano, J. E., García-Adiego, E. M., García-Asencio, I., & García-Gómez, J. C. (2003). Influencia del gradiente ambiental sobre la distribución de las comunidades acroetónicas del estuario del río Guadiana. *Boletín Del Instituto Español de Oceanografía*, 19(1-4), 123–133.
- Santos, S., Cardoso, J., Carvalho, C., Luttikhuisen, P., & van der Veer, H. (2011). Seasonal variability in somatic and reproductive investment of the bivalve *Scrobicularia plana* (da Costa, 1778) along a latitudinal gradient. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 92(1), 19–26. doi:10.1016/j.ecss.2010.12.005
- Schumacher, B. a. (2002). Methods for the Determination of Total Organic Carbon in Soils and Sediments. *Carbon*, 32(April), 25.
- SEACASE. (2010). Sustainable Extensive and Semi-Intensive Coastal Aquaculture in Southern Europe - Final activity report.
- Sousa, R., Dias, S., & Antunes, C. (2007). Subtidal macrobenthic structure in the lower lima estuary, NW of Iberian Peninsula. *Annales Zoologici Fennici*, 44(August), 303–313. doi:10.1002/aqc
- Spitz, J., Chouvelon, T., Cardinaud, M., Kostecki, C., & Lorange, P. (2013). Prey preferences of adult sea bass *Dicentrarchus labrax* in the northeastern Atlantic: implications for bycatch of common dolphin *Delphinus delphis*. *Journal of Marine Science*, 69, 70: 452–461. doi:10.1093/icesjms/fst048
- Strickland, J. D. H., & Parsons, T. R. (1972). A Practical Handbook of Seawater Analysis. A Practical Handbook of Seawater Analysis, 167, 185. doi:10.1002/iroh.19700550118
- Swann, L. (1997). A Fish Farmer's Guide to Understanding Water Quality. *Aquaculture Extension*, 1–8. Retrieved from www.ansc.purdue.edu/aquanic
- USEPA. (2001). Methods for Collection, Storage and Manipulation of Sediments for Chemical and Toxicological Analyses: Technical Manual, (October), 208.
- USEPA. (2002). US EPA: Methods for Measuring the Acute Toxicity of Effluents and Receiving Waters to Freshwater and Marine Organisms. *Environmental Protection*, 232(October), 266. Retrieved from <http://www.epa.gov/waterscience/WET/disk1/ctm.pdf>

- Varadi, L., Szucs, I., & Pekar, F. (2001). Aquaculture Development Trends in Europe. In FAO & NACA (Eds.), *Aquaculture in the Third Millennium* (pp. 397–416). Bangkok, Thailand.
- Varsamos, S. (2002). Tolerance range and osmoregulation in hypersaline conditions in the European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Journal of the Marine Biological Association of the UK*, 82(6), 1047–1048. doi:10.1017/S0025315402006677
- Verdelhos, T. (2010). Impact Assessment of Multiple Stressors on the Mondego Estuary: A Multidimensional Approach on the Bivalve *Scrobicularia plana*. Universidade de Coimbra.
- Verdelhos, T., Marques, J., & Anastácio, P. (2015). The impact of estuarine salinity changes on the bivalves *Scrobicularia plana* and *Cerastoderma edule*, illustrated by behavioral and mortality responses on a laboratory assay. *Ecological Indicators*, 52, 96–104. doi:10.1016/j.ecolind.2014.11.022
- Verdelhos, T., Neto, J., Marques, J., & Pardal, M. (2005). The effect of eutrophication abatement on the bivalve *Scrobicularia plana*. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 63(1-2), 261–268. doi:10.1016/j.ecss.2004.11.019
- White, K., O'Neill, B., & Tzankova, Z. (2004). At a Crossroads: Will Aquaculture Fulfill the Promise of the Blue Revolution?, 17. Retrieved from www.AquacultureClearinghouse.org
- Wu, R. (1995). The Environmental Impact of Marine Fish Culture.pdf. *Marine Pollution Bulletin*, 31, 159–166.
- Ysebaert, T., & Herman, P. M. J. (2002). Spatial and temporal variation in benthic macrofauna and relationships with environmental variables in an estuarine , intertidal soft-sediment environment, 244(Levin 1992), 105–124.

ANEXOS

ANEXO 1

ANÁLISE DE SIMILITUDE PARA OS DADOS DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E NUTRIENTES

ANOSIM

Analysis of Similarities

Two-Way Crossed Analysis

Resemblance worksheet

Name: Resem9

Data type: Similarity

Selection: All

Factor Values

Factor: Area

TIE

TIAA1

TIAA2

TIS

TIIE

TIIAA1

TIIAA2

TIIS

Factor: Tanque

TI

TII

Factor Groups

Sample	Area	Tanque
TIE	TIE	TI
TIE	TIE	TI
TIE	TIE	TI
TIAA1	TIAA1	TI
TIAA1	TIAA1	TI
TIAA1	TIAA1	TI
TIAA2	TIAA2	TI
TIAA2	TIAA2	TI
TIAA2	TIAA2	TI
TIS	TIS	TI
TIS	TIS	TI
TIS	TIS	TI
TIIE	TIIE	TII
TIIE	TIIE	TII
TIIE	TIIE	TII
TIIAA1	TIIAA1	TII
TIIAA1	TIIAA1	TII
TIIAA1	TIIAA1	TII
TIIAA2	TIIAA2	TII
TIIAA2	TIIAA2	TII
TIIAA2	TIIAA2	TII

ANEXO 1 (Continuação)

TIIS TIIS TII
 TIIS TIIS TII
 TIIS TIIS TII

TESTS FOR DIFFERENCES BETWEEN Area GROUPS

(across all Tanque groups)

Global Test

Sample statistic (Global R): 0.309

Significance level of sample statistic: 1.3%

Number of permutations: 999 (Random sample from 237160000)

Number of permuted statistics greater than or equal to Global R: 12

Pairwise Tests

Groups	R Statistic	Significance Level %	Possible Permutations	Actual Permutations	Number >= Observed
TIE, TIAA1	0.407	10	10	10	1
TIE, TIAA2	-0.111	80	10	10	8
TIE, TIS	0.185	30	10	10	3
TIAA1, TIAA2	0	30	10	10	3
TIAA1, TIS	-0.037	70	10	10	7
TIAA2, TIS	-0.148	60	10	10	6
TIIE, TIIAA1	0.185	20	10	10	2
TIIE, TIIAA2	1	10	10	10	1
TIIE, TIIS	1	10	10	10	1
TIIAA1, TIIAA2	0.556	10	10	10	1
TIIAA1, TIIS	0.519	10	10	10	1
TIIAA2, TIIS	0.185	20	10	10	2

Failed Pairwise Tests

Groups	Error
TIE, TIIE	Groups too small
TIE, TIIAA1	Groups too small
TIE, TIIAA2	Groups too small
TIE, TIIS	Groups too small
TIAA1, TIIE	Groups too small
TIAA1, TIIAA1	Groups too small
TIAA1, TIIAA2	Groups too small
TIAA1, TIIS	Groups too small
TIAA2, TIIE	Groups too small
TIAA2, TIIAA1	Groups too small
TIAA2, TIIAA2	Groups too small
TIAA2, TIIS	Groups too small
TIS, TIIE	Groups too small
TIS, TIIAA1	Groups too small
TIS, TIIAA2	Groups too small
TIS, TIIS	Groups too small

TESTS FOR DIFFERENCES BETWEEN Tanque GROUPS

(across all Area groups)

Groups too small

Outputs

Plot: Graph1

ANEXO 1 (Cont.)

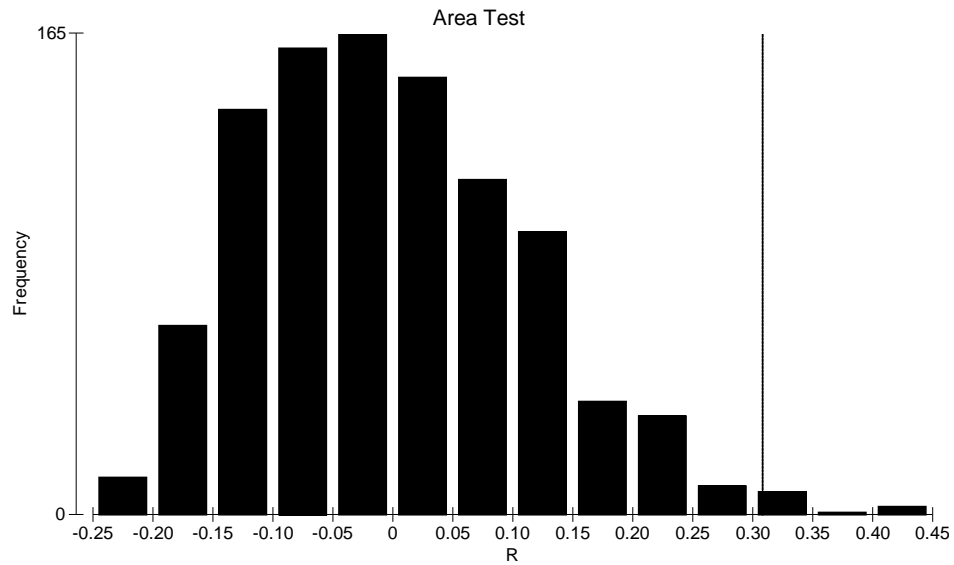


Figura 1. Histograma de frequências dos valores de R simulados para os matriz dos parâmetros físico-químicos e nutrientes.

ANEXO 2

ANÁLISE DE SIMILITUDE PARA MATRIZ DE ABUNDÂNCIA ABSOLUTA

ANOSIM

Analysis of Similarities

Two-Way Crossed Analysis

Resemblance worksheet

Name: Resem3

Data type: Similarity

Selection: All

Factor Values

Factor: Tanque

TI

TII

Factor: Área

E

AA1

AA2

S

Factor Groups

Sample	Tanque	Área
TIEL1B	TI	E
TIEL2A	TI	E
TIEL2B	TI	E
TIEL3B	TI	E
TIEL4B	TI	E
TIEL5B	TI	E
TIAA1L6A	TI	AA1
TIAA1L6B	TI	AA1
TIAA1L7A	TI	AA1
TIAA1L7B	TI	AA1
TIAA1L8A	TI	AA1
TIAA1L8B	TI	AA1
TIAA1L9A	TI	AA1
TIAA1L9B	TI	AA1
TIAA1L10A	TI	AA1
TIAA1L10B	TI	AA1
TIAA2L11A	TI	AA2
TIAA2L11B	TI	AA2
TIAA2L12A	TI	AA2
TIAA2L12B	TI	AA2
TIAA2L13A	TI	AA2
TIAA2L14A	TI	AA2
TIAA2L14B	TI	AA2
TIAA2L15A	TI	AA2
TIAA2L15B	TI	AA2
TISL16A	TI	S
TISL16B	TI	S
TISL17A	TI	S
TISL17B	TI	S
TISL18A	TI	S

ANEXO 2 (Cont.)

TIISL18B	TI	S
TIISL19A	TI	S
TIISL19B	TI	S
TIISL20A	TI	S
TIISL20B	TI	S
TIIEL1A	TII	E
TIIEL1B	TII	E
TIIEL2A	TII	E
TIIEL2B	TII	E
TIIEL3A	TII	E
TIIEL3B	TII	E
TIIEL4A	TII	E
TIIEL4B	TII	E
TIIEL5A	TII	E
TIIEL5B	TII	E
TIIAA1L6A	TII	AA1
TIIAA1L6B	TII	AA1
TIIAA1L7A	TII	AA1
TIIAA1L7B	TII	AA1
TIIAA1L8A	TII	AA1
TIIAA1L8B	TII	AA1
TIIAA1L9A	TII	AA1
TIIAA1L9B	TII	AA1
TIIAA2L10A	TII	AA1
TIIAA2L10B	TII	AA1
TIIAA2L11A	TII	AA2
TIIAA2L11B	TII	AA2
TIIAA2L12A	TII	AA2
TIIAA2L12B	TII	AA2
TIIAA2L13A	TII	AA2
TIIAA2L13B	TII	AA2
TIIAA2L14A	TII	AA2
TIIAA2L14B	TII	AA2
TIIAA2L15A	TII	AA2
TIIAA2L15B	TII	AA2
TIISL16A	TII	S
TIISL16B	TII	S
TIISL17A	TII	S
TIISL17B	TII	S
TIISL18A	TII	S
TIISL18B	TII	S
TIISL19A	TII	S
TIISL19B	TII	S
TIISL20A	TII	S
TIISL20B	TII	S

TESTS FOR DIFFERENCES BETWEEN Tanque GROUPS

(across all Área groups)

Global Test

Sample statistic (Global R): 0.789

Significance level of sample statistic: 0.1%

Number of permutations: 999 (Random sample from a large number)

Number of permuted statistics greater than or equal to Global R: 0

ANEXO 2 (Cont.)

TESTS FOR DIFFERENCES BETWEEN Área GROUPS

(across all Tanque groups)

Global Test

Sample statistic (Global R): 0.136

Significance level of sample statistic: 0.1%

Number of permutations: 999 (Random sample from a large number)

Number of permuted statistics greater than or equal to Global R: 0

Pairwise Tests

Groups	R Statistic	Significance Level %	Possible Permutations	Actual Permutations	Number >= Observed
E, AA1	0.184	1	739763024	999	9
E, AA2	0.16	1.4	462351890	999	13
E, S	0.273	0.1	739763024	999	0
AA1, AA2	0.086	5.3	Very large	999	52
AA1, S	0.152	1.1	Very large	999	10
AA2, S	0.031	19.6	Very large	999	195

Outputs

Plot: Figure 2

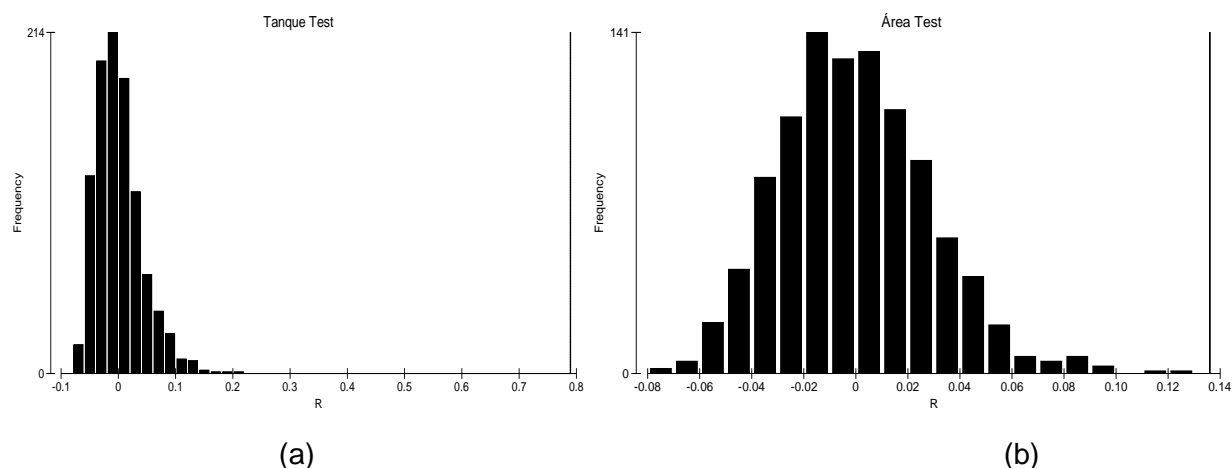


Figura 2. Histograma de frequências dos valores de R simulados para os matriz da abundância absoluta.(a): teste para análise de diferenças entre tanques; (b): para análise de diferenças entre tanques áreas

ANEXO 3

ANÁLISE DE SIMILITUDE PARA MATRIZ DE ABUNDÂNCIA MÉDIA

ANOSIM

Analysis of Similarities

Two-Way Crossed Analysis

Resemblance worksheet

Name: Resem4

Data type: Similarity

Selection: All

Factor Values

Factor: Tanque

TI

TII

Factor: Área

E

AA1

AA2

S

Factor Groups

Sample	Tanque	Área
TIEL1B	TI	E
TIEL2A	TI	E
TIEL2B	TI	E
TIEL3B	TI	E
TIEL4B	TI	E
TIEL5B	TI	E
TIAA1L6A	TI	AA1
TIAA1L6B	TI	AA1
TIAA1L7A	TI	AA1
TIAA1L7B	TI	AA1
TIAA1L8A	TI	AA1
TIAA1L8B	TI	AA1
TIAA1L9A	TI	AA1
TIAA1L9B	TI	AA1
TIAA1L10A	TI	AA1
TIAA1L10B	TI	AA1
TIAA2L11A	TI	AA2
TIAA2L11B	TI	AA2
TIAA2L12A	TI	AA2
TIAA2L12B	TI	AA2
TIAA2L13A	TI	AA2
TIAA2L14A	TI	AA2
TIAA2L14B	TI	AA2
TIAA2L15A	TI	AA2
TIAA2L15B	TI	AA2
TISL16A	TI	S

ANEXO 3 (Cont.)

TIISL16B	TI	S
TIISL17A	TI	S
TIISL17B	TI	S
TIISL18A	TI	S
TIISL18B	TI	S
TIISL19A	TI	S
TIISL19B	TI	S
TIISL20A	TI	S
TIISL20B	TI	S
TIIEL1A	TII	E
TIIEL1B	TII	E
TIIEL2A	TII	E
TIIEL2B	TII	E
TIIEL3A	TII	E
TIIEL3B	TII	E
TIIEL4A	TII	E
TIIEL4B	TII	E
TIIEL5A	TII	E
TIIEL5B	TII	E
TIIAA1L6A	TII	AA1
TIIAA1L6B	TII	AA1
TIIAA1L7A	TII	AA1
TIIAA1L7B	TII	AA1
TIIAA1L8A	TII	AA1
TIIAA1L8B	TII	AA1
TIIAA1L9A	TII	AA1
TIIAA1L9B	TII	AA1
TIIAA2L10A	TII	AA1
TIIAA2L10B	TII	AA1
TIIAA2L11A	TII	AA2
TIIAA2L11B	TII	AA2
TIIAA2L12A	TII	AA2
TIIAA2L12B	TII	AA2
TIIAA2L13A	TII	AA2
TIIAA2L13B	TII	AA2
TIIAA2L14A	TII	AA2
TIIAA2L14B	TII	AA2
TIIAA2L15A	TII	AA2
TIIAA2L15B	TII	AA2
TIISL16A	TII	S
TIISL16B	TII	S
TIISL17A	TII	S
TIISL17B	TII	S
TIISL18A	TII	S
TIISL18B	TII	S
TIISL19A	TII	S
TIISL19B	TII	S
TIISL20A	TII	S
TIISL20B	TII	S

ANEXO 3 (Cont.)

TESTS FOR DIFFERENCES BETWEEN *Tanque* GROUPS

(across all *Área* groups)

Global Test

Sample statistic (Global R): 0.548

Significance level of sample statistic: 0.1%

Number of permutations: 999 (Random sample from a large number)

Number of permuted statistics greater than or equal to Global R: 0

TESTS FOR DIFFERENCES BETWEEN *Área* GROUPS

(across all *Tanque* groups)

Global Test

Sample statistic (Global R): 0.138

Significance level of sample statistic: 0.1%

Number of permutations: 999 (Random sample from a large number)

Number of permuted statistics greater than or equal to Global R: 0

Pairwise Tests

Groups	R Statistic	Significance Level %	Possible Permutations	Actual Permutations	Number >= Observed
E, AA1	0.144	1.8	739763024	999	17
E, AA2	0.213	0.4	462351890	999	3
E, S	0.207	0.7	739763024	999	6
AA1, AA2	0.029	23.5	Very large	999	234
AA1, S	0.129	1.8	Very large	999	17
AA2, S	0.177	0.2	Very large	999	1

Outputs

Plot: Figure 3.

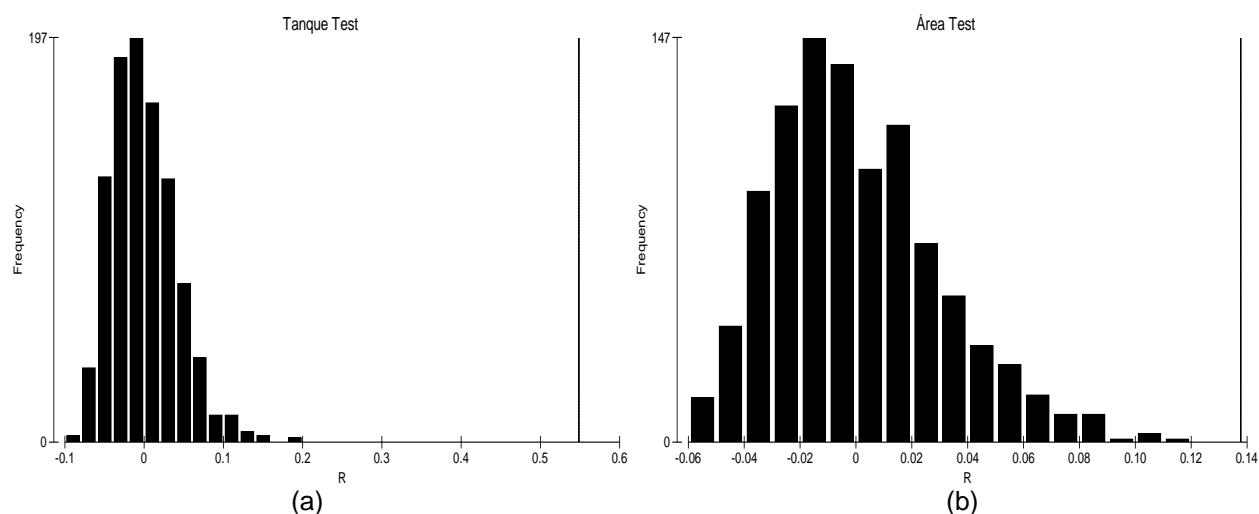


Figura 3. Histograma de frequências dos valores de R simulados para os matriz da biomassa média. (a): teste para análise de diferenças entre tanques; (b): para análise de diferenças entre tanques áreas

ANEXO 4

ANÁLISE DE SIMILITUDE PARA MATRIZ DE BIOMASSA RELATIVA

ANOSIM

Analysis of Similarities

Two-Way Crossed Analysis

Resemblance worksheet

Name: Resem5

Data type: Similarity

Selection: All

Factor Values

Factor: Tanque

TI

TII

Factor: Área

E

AA1

AA2

S

Factor Groups

Sample	Tanque	Área
TIEL1B	TI	E
TIEL2A	TI	E
TIEL2B	TI	E
TIEL3B	TI	E
TIEL4B	TI	E
TIEL5B	TI	E
TIAA1L6A	TI	AA1
TIAA1L6B	TI	AA1
TIAA1L7A	TI	AA1
TIAA1L7B	TI	AA1
TIAA1L8A	TI	AA1
TIAA1L8B	TI	AA1
TIAA1L9A	TI	AA1
TIAA1L9B	TI	AA1
TIAA1L10A	TI	AA1
TIAA1L10B	TI	AA1
TIAA2L11A	TI	AA2
TIAA2L11B	TI	AA2
TIAA2L12A	TI	AA2
TIAA2L12B	TI	AA2
TIAA2L13A	TI	AA2
TIAA2L14A	TI	AA2
TIAA2L14B	TI	AA2
TIAA2L15A	TI	AA2
TIAA2L15B	TI	AA2
TISL16A	TI	S
TISL16B	TI	S
TISL17A	TI	S

ANEXO 4 (Cont.)

TIISL17B	TI	S
TIISL18A	TI	S
TIISL18B	TI	S
TIISL19A	TI	S
TIISL19B	TI	S
TIISL20A	TI	S
TIISL20B	TI	S
TIIEL1A	TII	E
TIIEL1B	TII	E
TIIEL2A	TII	E
TIIEL2B	TII	E
TIIEL3A	TII	E
TIIEL3B	TII	E
TIIEL4A	TII	E
TIIEL4B	TII	E
TIIEL5A	TII	E
TIIEL5B	TII	E
TIIAA1L6A	TII	AA1
TIIAA1L6B	TII	AA1
TIIAA1L7A	TII	AA1
TIIAA1L7B	TII	AA1
TIIAA1L8A	TII	AA1
TIIAA1L8B	TII	AA1
TIIAA1L9A	TII	AA1
TIIAA1L9B	TII	AA1
TIIAA2L10A	TII	AA1
TIIAA2L10B	TII	AA1
TIIAA2L11A	TII	AA2
TIIAA2L11B	TII	AA2
TIIAA2L12A	TII	AA2
TIIAA2L12B	TII	AA2
TIIAA2L13A	TII	AA2
TIIAA2L13B	TII	AA2
TIIAA2L14A	TII	AA2
TIIAA2L14B	TII	AA2
TIIAA2L15A	TII	AA2
TIIAA2L15B	TII	AA2
TIISL16A	TII	S
TIISL16B	TII	S
TIISL17A	TII	S
TIISL17B	TII	S
TIISL18A	TII	S
TIISL18B	TII	S
TIISL19A	TII	S
TIISL19B	TII	S
TIISL20A	TII	S
TIISL20B	TII	S

ANEXO 4 (Cont.)

TESTS FOR DIFFERENCES BETWEEN *Tanque* GROUPS (across all *Área* groups)

Global Test

Sample statistic (Global R): 0.276

Significance level of sample statistic: 0.1%

Number of permutations: 999 (Random sample from a large number)

Number of permuted statistics greater than or equal to Global R: 0

TESTS FOR DIFFERENCES BETWEEN *Área* GROUPS (across all *Tanque* groups)

Global Test

Sample statistic (Global R): 0.08

Significance level of sample statistic: 1.4%

Number of permutations: 999 (Random sample from a large number)

Number of permuted statistics greater than or equal to Global R: 13

Pairwise Tests

Groups	R Statistic	Significance Level %	Possible Permutations	Actual Permutations	Number >= Observed
E, AA1	-0.064	92.7	739763024	999	926
E, AA2	0.154	1	462351890	999	9
E, S	0.081	9.2	739763024	999	91
AA1, AA2	0.153	0.8	Very large	999	7
AA1, S	0.108	2.6	Very large	999	25
AA2, S	0.046	13.2	Very large	999	131

Outputs

Plot: Figure 4.

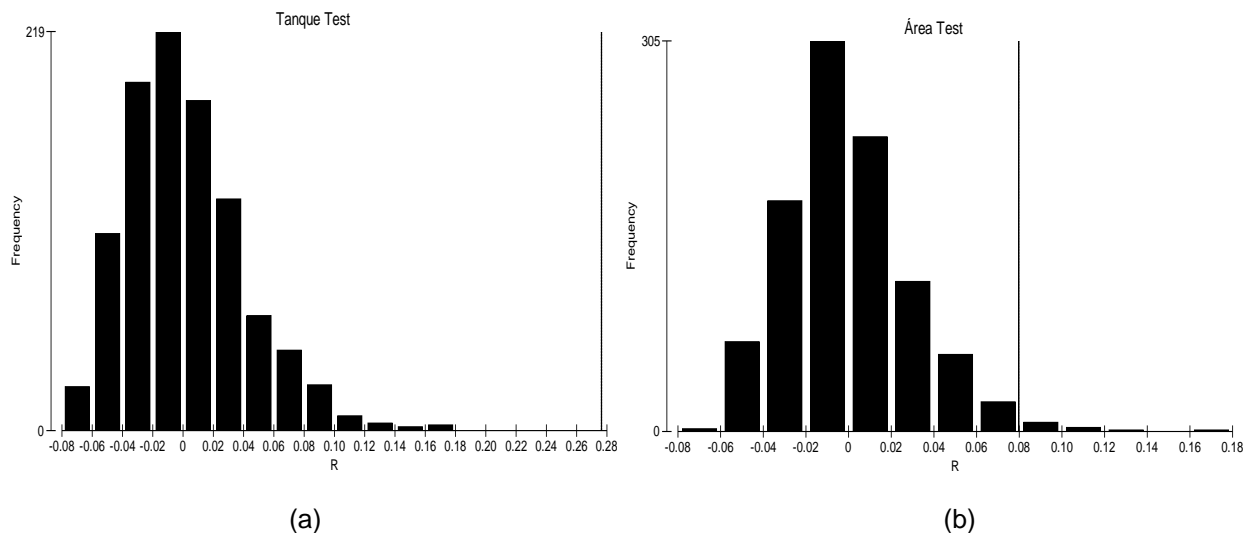


Figura 4. Histograma de freqüências dos valores de *R simulados* para os matriz da biomassa relativa. (a): teste para análise de diferenças entre tanques; (b): para análise de diferenças entre tanques áreas

ANEXO 5

ANÁLISE DE SIMILITUDE PARA MATRIZ DE BIOMASSA MÉDIA RELATIVA

ANOSIM

Analysis of Similarities

Two-Way Crossed Analysis

Resemblance worksheet

Name: Resem6

Data type: Similarity

Selection: All

Factor Values

Factor: Tanque

TI

TII

Factor: Área

E

AA1

AA2

S

Factor Groups

Sample	Tanque	Área
TIEL1B	TI	E
TIEL2A	TI	E
TIEL2B	TI	E
TIEL3B	TI	E
TIEL4B	TI	E
TIEL5B	TI	E
TIAA1L6A	TI	AA1
TIAA1L6B	TI	AA1
TIAA1L7A	TI	AA1
TIAA1L7B	TI	AA1
TIAA1L8A	TI	AA1
TIAA1L8B	TI	AA1
TIAA1L9A	TI	AA1
TIAA1L9B	TI	AA1
TIAA1L10A	TI	AA1
TIAA1L10B	TI	AA1
TIAA2L11A	TI	AA2
TIAA2L11B	TI	AA2
TIAA2L12A	TI	AA2
TIAA2L12B	TI	AA2
TIAA2L13A	TI	AA2
TIAA2L14A	TI	AA2
TIAA2L14B	TI	AA2
TIAA2L15A	TI	AA2
TIAA2L15B	TI	AA2

ANEXO 5 (Cont.)

TIISL16A	TI	S
TIISL16B	TI	S
TIISL17A	TI	S
TIISL17B	TI	S
TIISL18A	TI	S
TIISL18B	TI	S
TIISL19A	TI	S
TIISL19B	TI	S
TIISL20A	TI	S
TIISL20B	TI	S
TIIEL1A	TII	E
TIIEL1B	TII	E
TIIEL2A	TII	E
TIIEL2B	TII	E
TIIEL3A	TII	E
TIIEL3B	TII	E
TIIEL4A	TII	E
TIIEL4B	TII	E
TIIEL5A	TII	E
TIIEL5B	TII	E
TIIAA1L6A	TII	AA1
TIIAA1L6B	TII	AA1
TIIAA1L7A	TII	AA1
TIIAA1L7B	TII	AA1
TIIAA1L8A	TII	AA1
TIIAA1L8B	TII	AA1
TIIAA1L9A	TII	AA1
TIIAA1L9B	TII	AA1
TIIAA2L10A	TII	AA1
TIIAA2L10B	TII	AA1
TIIAA2L11A	TII	AA2
TIIAA2L11B	TII	AA2
TIIAA2L12A	TII	AA2
TIIAA2L12B	TII	AA2
TIIAA2L13A	TII	AA2
TIIAA2L13B	TII	AA2
TIIAA2L14A	TII	AA2
TIIAA2L14B	TII	AA2
TIIAA2L15A	TII	AA2
TIIAA2L15B	TII	AA2
TIISL16A	TII	S
TIISL16B	TII	S
TIISL17A	TII	S
TIISL17B	TII	S
TIISL18A	TII	S
TIISL18B	TII	S
TIISL19A	TII	S
TIISL19B	TII	S
TIISL20A	TII	S
TIISL20B	TII	S

ANEXO 5 (Cont.)

TESTS FOR DIFFERENCES BETWEEN *Tanque* GROUPS

(across all *Área* groups)

Global Test

Sample statistic (Global R): 0.436

Significance level of sample statistic: 0.1%

Number of permutations: 999 (Random sample from a large number)

Number of permuted statistics greater than or equal to Global R: 0

TESTS FOR DIFFERENCES BETWEEN *Área* GROUPS

(across all *Tanque* groups)

Global Test

Sample statistic (Global R): 0.291

Significance level of sample statistic: 0.1%

Number of permutations: 999 (Random sample from a large number)

Number of permuted statistics greater than or equal to Global R: 0

Pairwise Tests

Groups	R Statistic	Significance Level %	Possible Permutations	Actual Permutations	Number >= Observed
E, AA1	0.139	2.6	739763024	999	25
E, AA2	0.188	0.8	462351890	999	7
E, S	0.38	0.1	739763024	999	0
AA1, AA2	0.336	0.1	Very large	999	0
AA1, S	0.478	0.1	Very large	999	0
AA2, S	0.207	0.5	Very large	999	4

Outputs

Plot: Figure 5

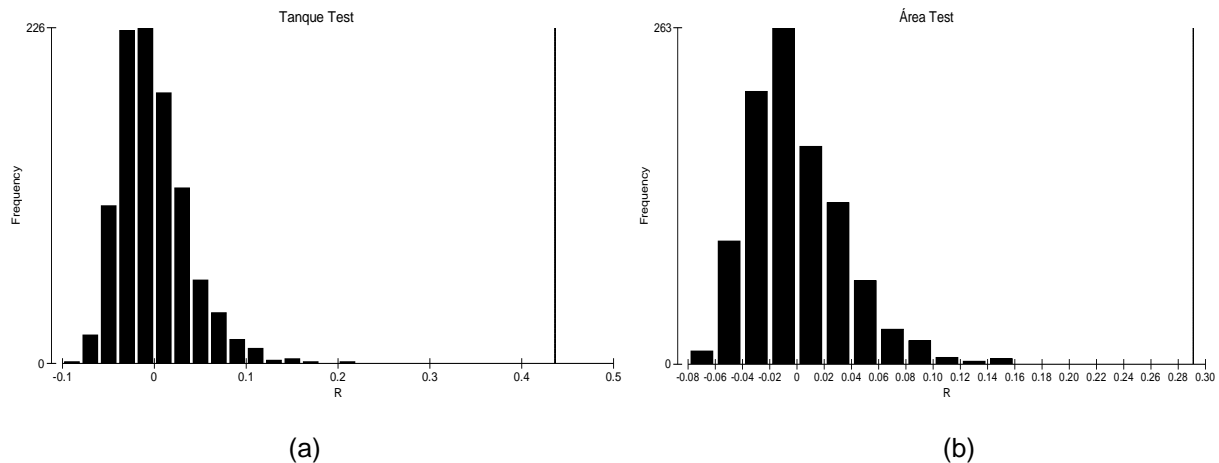


Figura 5. Histograma de frequências dos valores de *R* simulados para os matriz da biomassa média relativa. (a): teste para análise de diferenças entre tanques; (b): para análise de diferenças entre tanques áreas